

放射化学

第48号

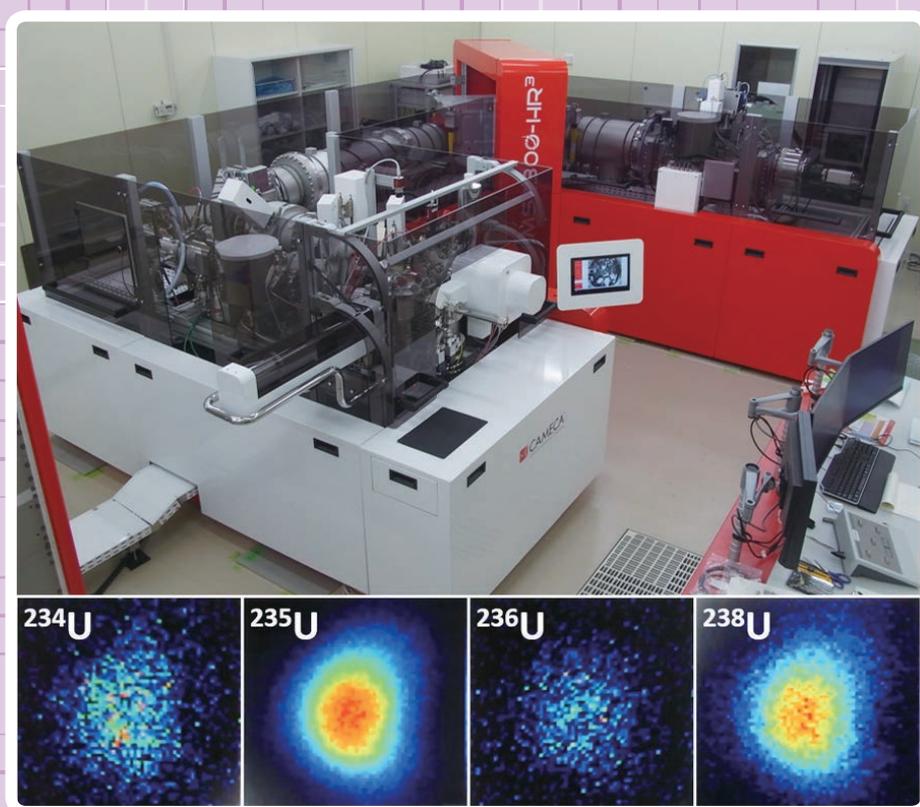
総説

二次イオン質量分析法を利用した保障措置環境試料中のウラン粒子に対する同位体組成分析法の発展と分析技術開発

特集

教育部会の活動報告その1：第1回教育セミナー

教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー



放射化学

第 48 号

令和 5 年 (2023 年) 9 月 20 日

目次

総説

- 二次イオン質量分析法を利用した保障措置環境試料中のウラン粒子に対する
同位体組成分析法の発展と分析技術開発
(富田 涼平、富田 純平、鈴木 大輔、安田 健一郎、宮本 ユタカ)…………… 1

特集

- 教育部会の活動報告その 1：第 1 回教育セミナー**
- 第 1 回教育セミナーの開催報告 (篠原 厚)…………… 16
- 設立から 30 年を迎える「放射線教育フォーラム」の歩み (工藤 博司)…………… 18
- 放射線教育の基礎の基礎の基礎原子力災害時における広域避難計画の説明のために
(福島 美智子)…………… 21
- 日本化学会近畿支部・石川化学教育研究会 共催事業の紹介 (横山 明彦)…………… 24
- 日本地球化学会における若手人材育成のための取り組みの紹介 (角野 浩史)…………… 26
- 教育部会の活動報告その 2：第 2 回教育セミナー**
- 第 2 回教育セミナーの開催報告 (薬袋 佳孝)…………… 29
- 原子力科学分野の次世代育成と放射化学
- －中性子放射化分析法の経験から・女性が原子力科学分野で生きていくには－ (岡田 往子)…………… 32
- 日本放射線安全管理学会における人材育成 (中島 覚)…………… 38
- 放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成 (小野 正博)…………… 41
- 日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成 (植竹 修士)…………… 45
- 自らの経験から思うこと (平出 哲也)…………… 47

会議報告

- 第 24 回「環境放射能」研究会（別所 光太郎）…………… 49
 放射性物質環境動態調査事業報告会報告（青野 辰雄、中島 徹夫）…………… 52

- 情報プラザ（国際国内会議）…………… 54

学位論文要録

- 多種イオンの粘土鉱物への吸着反応の系統的理解と
 その環境動態解明への適用（山口 瑛子）…………… 56

- 学会だより…………… 60

- 日本放射化学会第 67 回討論会（2023）講演プログラム…………… 66

- 「放射化学」規程など…………… 82

- 「放射化学」論文編集委員会規程
 「放射化学」発行規程
 「放射化学」論文投稿規則
 「放射化学」論文投稿の手引き
 学位論文要録執筆候補者の推薦について
 「会員の声」欄へのご寄稿のお願い
 会員の異動に伴う連絡のお願い

- 賛助会員リスト
 広告

表紙の説明

大型二次イオン質量分析装置（IMS 1300-HR³, CAMECA 社）と粒子から得られるウラン同位体の二次イオンイメージ
 図の上部写真が大型二次イオン質量分析装置（LG-SIMS）の本体であり、下部画像はウラン粒子に酸素イオンビーム
 を照射することで生成したウラン二次イオンを装置機能によって同位体ごとにイメージングしたものである。

総 説

二次イオン質量分析法を利用した保障措置環境試料中のウラン粒子に対する 同位体組成分析法の発展と分析技術開発

Development of analytical techniques for isotopic composition determination of uranium particles in environmental sample for safeguards with Secondary Ion Mass Spectrometry

富田涼平、富田純平、鈴木大輔、安田健一郎、宮本ユタカ

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 保障措置分析化学研究グループ

〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2 番地 4

Ryohei Tomita, Jumpei Tomita, Daisuke Suzuki, Kenichiro Yasuda, Yutaka Miyamoto

Research Group for Safeguards Analytical Chemistry, Nuclear Safety Research Center,
Japan Atomic Energy Agency

(2023 年 (令和 5 年) 3 月 31 日受理)

要旨

二次イオン質量分析法は酸素などのイオンビームを試料に照射することで試料の構成元素から放出されたイオンを質量分析する手法である。この手法は僅かなイオンであっても高感度の計測が可能であり、極微量の元素の同位体比分析に広く用いられる。我々は高分解能を有する二次イオン質量分析装置を用いて、ウランを主とした核物質を含む微小粒子の同位体組成分析技術を開発するとともに、IAEA が原子力施設等の立ち入り査察で採取した試料に含まれるウラン粒子の同位体組成を日本の IAEA ネットワーク分析所として分析し、その結果を報告している。本稿では、二次イオン質量分析法の解説と従来型の二次イオン質量分析装置から始まり、現在、主流となっている大型二次イオン質量分析装置が開発されるまでの二次イオン質量分析法を使用した保障措置環境試料中のウラン粒子に対する分析技術の発展について、我々が行った分析技術開発の成果を中心に述べる。

キーワード

保障措置、ウラン粒子、同位体組成分析、二次イオン質量分析法

Key words

Nuclear safeguards, Uranium particle, Isotopic ratio analysis, Secondary ion mass spectrometry

1. はじめに

保障措置とは核物質が平和目的に利用され、核兵器等に転用されないことを担保するために秘密裏の核物質の保有や原子力活動の有無を検認する

活動であり、このために必要となる分析技術開発は重要な要素である。この保障措置を目的とした国際原子力機関 (IAEA) による原子力施設内への立ち入り査察で採取された試料に含まれる極微

* Corresponding author, e-mail: tomita.ryohei@jaea.go.jp

量の核燃料物質の同位体比分析は、IAEA が掲げる原子力の平和利用の下、IAEA が未申告の原子力活動が行われていないことを検認する手法として中心的な役割を担っている。原子力施設内には原子力活動によってその施設で取り扱っている核燃料物質を由来とする微粒子が存在していることがある。施設の除染や日常的な清掃を行っても、これらの微粒子は完全に取り除かれることはなく、一部が施設内に残存している。その量は法令で定められる管理基準を大きく下回って日常の放射線管理でも検出できないほどの極微量である。IAEA は、これらの施設に立ち入り査察した際、査察官が施設の壁、床や設備の表面を綿製の布で拭き取ることでほんのわずかに施設に残存している核燃料物質を含むこれらの微粒子を採取する。このようにして採取された試料はスワイプ試料と呼ばれ、IAEA によって世界各地の原子力施設で定期的、もしくは原子力活動に疑惑が浮上した際は突発的に採取されている。採取されたスワイプ試料は IAEA の分析所で分析されるが、現地査察で採取する試料数は非常に多い。そのため、IAEA は、自身の分析所で得られる分析値と同等の正確さと精度を常に維持し、査察試料を分析できる能力を有する各国の原子力機関に対して「ネットワーク分析所」として分析技術の認証を与え、国際的な協力体制を構築した。IAEA および IAEA ネットワーク分析所で得られた分析結果を元に IAEA は査察を行った原子力施設で未申告の核燃料物質の取り扱いがあるかを確認している [1,2,3]。スワイプ試料の分析手法は化学分析と粒子分析に分類されている。化学分析ではスワイプ試料 1 枚を全て分解し、化学分離を行うことでウランやプルトニウムといった核燃料物質を選り分けた後、主として誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) を利用して核物質の量と同位体組成を分析する。この化学分析をすることによって天然に存在しない ^{233}U や ^{236}U とピコグラム (10^{-12}g) ~ フェムトグラム (10^{-15}g) の超極微量プルトニウムを検出することができる。しかし、得られる分析結果はスワイプ試料に付着した核燃料物質の平均的な情報となる。もう一方の粒子分析はスワイプ試料に付着している粒子をインパクター法と呼ばれる方法で試料台に回収し [4]、粒子状態のま

まで同位体比分析を行う方法である。インパクター法については 2 章にて詳細を解説する。回収した粒子は二次イオン質量分析法 (SIMS) や表面電離型質量分析法 (TIMS) で分析する。Fig.1 にスワイプ試料を化学分析と粒子分析のそれぞれで分析した結果を模式図で示した。粒子分析ではウラン濃縮度 (^{235}U の原子個数比) が異なる粒子を個々に分析でき、化学分析は破線で示すような平均値となる。スワイプ試料中に異なる同位体組成や由来を持つ粒子が混在していても、個々の粒子の同位体組成を分析することで見分けられるのが粒子分析の特徴である。

このように保障措置を目的とした環境試料分析を行う上で、個々の粒子から同位体組成の情報が得られる SIMS 法は有効な手法のひとつであり [5]、近年では複数の検出器で目的の同位体を同時に検出できるマルチコレクター型の大型二次イオン質量分析計 (Large Geometry (LG)-SIMS) がスワイプ試料の分析に利用されている。LG-SIMS 装置は単一の検出器を備えている形状の SIMS 装置 (以下、LG-SIMS と区別するため Small Geometry (SG)-SIMS と略する。) と比較して高い空間分解能と質量分解能を持ち、粒径が

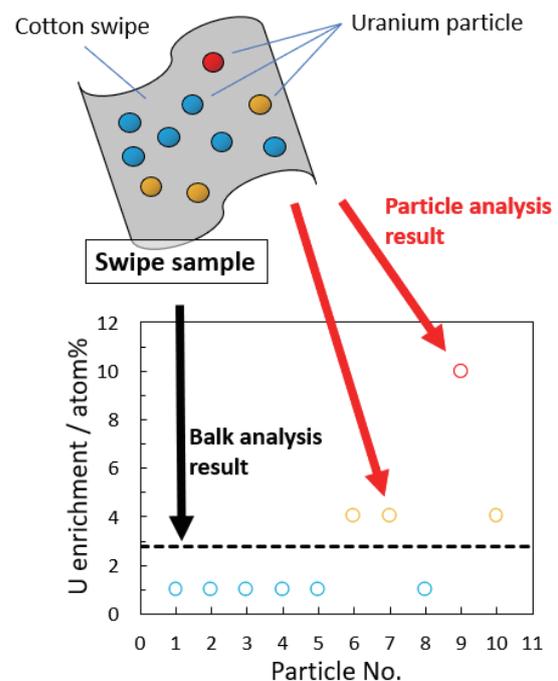


Fig.1 Illustration of difference between bulk analysis and particle analysis.

数 μm のウラン粒子に対してより正確かつ高精度な同位体組成分析を行うことが可能である。

本稿では SIMS 法を利用した保障措置環境試料中のウラン粒子の同位体組成分析について、LG-SIMS 装置の概要や保障措置環境試料の分析に関する我々の研究を SIMS 装置の発展と併せて紹介する。2 章では SIMS 法の原理とスワイプ試料に含まれるウラン粒子の同位体組成分析に関して SG-SIMS 装置を用いて発展していった分析技術を解説し、現在主流となっている LG-SIMS 装置の性能の違いについても紹介する。3 章では LG-SIMS 法によるウランの同位体組成分析の方法を解説し、正確な分析結果を得るために必要な補正計算や誤った分析結果を導く危険性がある粒子の凝集によるミキシング効果の回避策について紹介する。最後に、4 章では開発成果の応用例としてウラン粒子の中でも特徴的な表面が変質した高濃縮ウラン粒子を対象とした測定手法、測定条件の検討や前処理条件に依る粒子状態の変化が SIMS 測定に与える影響について述べる。

2. SIMS 法と SIMS 装置について

2.1 SIMS の原理と概要

SIMS 法は真空中で酸素などを高電圧で加速した一次イオンビームを試料表面へ照射することで試料に含まれる元素をイオン化し、生成したそのイオン（二次イオン）に対して質量分析を行う手法である。試料表面の原子は、照射された一次イオンビームとの衝突により運動エネルギーが付与され、結晶格子のポテンシャル障壁を上回った場合に試料外に弾き出される (Fig.2)。特に最表面の原子は表面結合エネルギーを上回るエネルギーが与えられた場合に真空中へと放出されやすい。一般的に、一次イオンビームの照射によって試料表面から真空中へ放出される粒子の内、正、もしくは負に電荷を帯びイオン化される二次イオンの割合は約 1% とされるが、SIMS 法はスパッタ現象を利用して試料から放出される二次イオンを直接質量分析するため、高感度な計測が可能である [6]。しかし、二次イオンの生成割合は測定対象の化学形など試料の状態によって変化しやすいことから、二次イオン強度から同位体量を定量的に分析することは難しい。

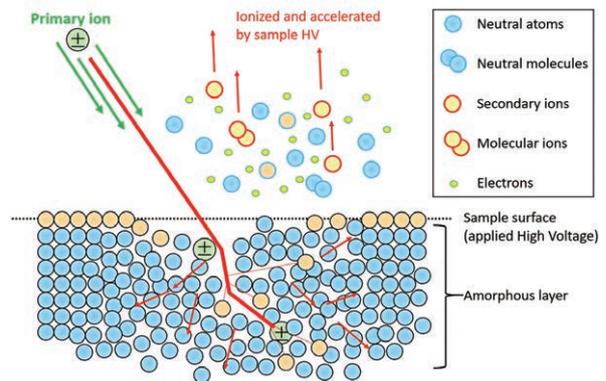


Fig.2 Illustration of principle of secondary ion mass spectrometry.

試料へ照射する一次イオンの種類は測定対象とする元素に合わせて選択される。一般には正の二次イオンになりやすい元素の場合は酸素イオン (O_2^+ 、 O^- 、 O_2^-) や希ガスイオンを一次イオンとして用いることが多く、負の二次イオンになりやすい元素の場合はセシウムイオンを用いることが多い [6]。他にも絶縁物のような帯電しやすい試料を分析する際には O_2^+ ではなく O^- を一次イオンとして用いることで試料表面における電荷収支を緩和させる場合がある。このように表面物性も考慮して一次イオンは選択される。我々の場合は SIMS 法によるウラン粒子の同位体組成分析に酸素イオンを一次イオンビームとして採用している。

SIMS 法の分析モードにはスタティック SIMS とダイナミック SIMS の二種がある。スタティック SIMS ではイオンビームの密度を極端に低下させることでビーム照射による試料表面の破壊を可能な限り抑えて非破壊に近い測定を行うことが可能である [6]。スタティック SIMS は飛行時間型質量分析計の発展により生体関連試料などに応用分野が広がっている。一方、ダイナミック SIMS は極微量分析に適応されている主な方法であり、半導体分野において極微量不純物の測定や、極微量元素に対する試料表面からの深度方向濃度分布の測定などに利用されている [6]。この二つの測定方法は分析対象と目的によって使い分けられている。本稿で述べるスワイプ試料中のウラン粒子に対する同位体組成分析はダイナミック SIMS による粒子の破壊分析である。スワイプ試料に含ま

れるミクロンサイズのウラン粒子は表面から内部にかけてほぼ一定のウラン同位体組成を示し、深度方向で同位体組成が変化することは稀であるため、深度方向への同位体組成分析を繰り返すことで精度よく個々のウラン粒子の同位体組成を取得することができる。

2.2 SIMS法を利用したウラン粒子の同位体組成分析法の確立と分析技術開発

SG-SIMS装置を利用した保障措置環境試料に含まれるウラン粒子の同位体組成分析法の開発は、IAEAがこの環境試料分析を開始した当初から始まっており、最初の課題は試料台上へ粒子を回収する技術の開発であった。単体のウラン粒子の同位体組成をSIMS法で分析する場合に、スワイプ試料からどのような密度で粒子を試料台上へ移動させるかは正確な分析値を得る上で重要な要素である。初期に検討された方法として、粒子を有機溶媒（ヘプタン）に懸濁させてから試料台上に滴下し、その後、加熱により溶媒を蒸発させることで試料台に粒子を乗せる方法があった[7]。この方法は簡単に粒子を試料台へ乗せることが可能であったが、回収された粒子が凝集した状態で試料台上に分布し、単体の粒子に対しての測定が困難であるという課題を抱えていた[7]。この問題を解決するために我々はスワイプ試料に付着した粒子をインパクター（Fig.3）で吸い取って試料台に粒子を回収する方法を開発した。この方法はインパクター法と呼ばれ、インパクターの内部に装填した試料台の表面に粒子を数十 μm 以上の間隔で分散させて回収することができる。この方法によってSIMS法で分析ができる単体の粒子の割合が増加し、走査型電子顕微鏡像（SEM）で確認される視野内（Fig.4）では大半が単体の粒子としてサンプリングされていることがわかる。この手法は現在もIAEAの保障措置環境試料の粒子分析を担当する全てのネットワーク分析所で最適な粒子回収方法として採用されている。インパクター法を用いても試料台の中心付近に粒子が集中して回収される傾向にあるため、インパクター内部にガイドコーンを導入することで粒子の分散率を高めたといった報告がある[8]。IAEAネットワーク分析所を中心にインパクターの構造に対

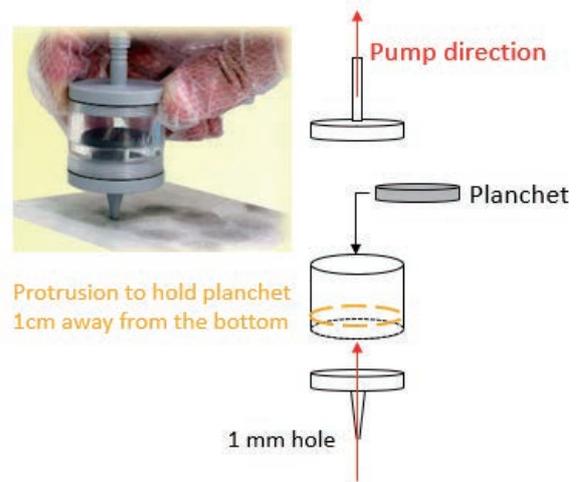


Fig.3 Structure of the impactor. The impactor is connected with vacuum pump via tube and filter trap. The range of grain size of particles can be controlled by vacuum flow rate.

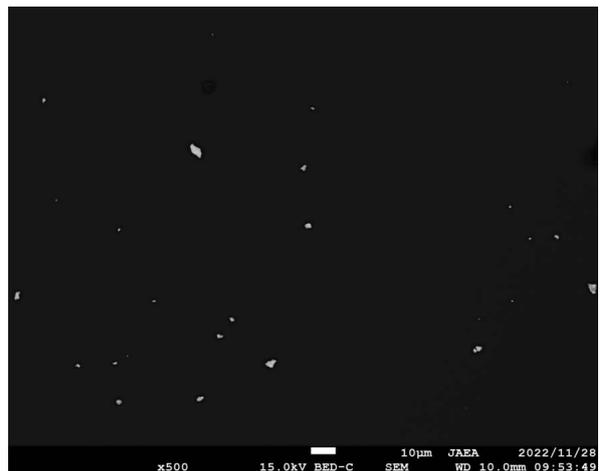


Fig.4 The image of scanning electron microscope about uranium particles collected by vacuum impaction method.

する最適化は現在も進められている。インパクター法の開発によってSG-SIMS装置で単体のウラン粒子に対する同位体組成分析が可能になり、次の課題として分析結果の正確さと精度の向上が挙げられた。

SG-SIMS装置を用いたウラン粒子の同位体組成分析ではウラン粒子だけでなく、遮蔽材や構造材に由来する鉛やアルミニウムなどの元素を主成分とした粒子も混在し、これらが正確なウラン同位体組成分析を妨害する。SG-SIMS装置を利用したウラン粒子の同位体組成分析における実用的

Table 1 Molecular interferences and required mass resolving power for uranium mass region.

	Molecular ions	Mass Resolving Power (M/ Δ M)
^{234}U	$^{207}\text{Pb}^{27}\text{Al}$	2802
	$^{206}\text{Pb}^{28}\text{Si}$	2613
^{235}U	$^{208}\text{Pb}^{27}\text{Al}$	2741
	$^{92}\text{Mo}^{95}\text{Mo}^{16}\text{O}_3$	953
^{236}U	$^{208}\text{Pb}^{28}\text{Si}$	2566
	$^{235}\text{U}^1\text{H}$	38152
^{238}U	$^{182}\text{W}^{56}\text{Fe}$	1419
	$^{118}\text{Sn}^{120}\text{Sn}$	964
$^{238}\text{U}^1\text{H}$	$^{207}\text{Pb}^{16}\text{O}_2$	2574
	$^{183}\text{W}^{56}\text{Fe}$	1378

な質量分解能は 300 ~ 600 であるため、混在する元素に由来する分子イオンによる妨害の影響を受けやすい。ウラン粒子に鉛やアルミニウムを主成分とした粒子が隣接している場合、ウラン粒子とともにこれらの粒子もイオン化され、ウラン同位体と近い質量数の分子イオンが妨害となって正確なウラン同位体組成が得られなくなる問題が生じる [9]。ウランの同位体のピークから、これらの分子イオンに由来するピークの影響を質量の違い

だけで取り除こうとした場合に必要な質量分解能を Table 1 に示した。SG-SIMS 装置の質量分解能では位置が極めて近い二つのピークを分離できないことがわかる。このような理由からウラン粒子の同位体組成を正確かつ精度良く測定するには一次イオンビーム照射領域にウラン粒子のみが存在する環境を作り出す必要があった。そこで我々は SEM 観察下でマイクロマニピュレーターを使用して混在する粒子からウラン粒子のみを回収し、測定対象のウラン粒子以外から生成される分子イオン妨害を排除するマニピュレーション法を開発した [10,11]。この方法では、最初にインパクター法によって粒子をスワイプ試料からガラス状炭素試料台 (GC 試料台) 上に回収し、その試料台を SEM で観察しながらウラン粒子をエネルギー分散型 X 線分光法 (SEM-EDS) によって判別する。次に、特定したウラン粒子を金コーティングしたガラス製マニピュレーターを使用して新しい GC 試料台上へ移動させ、分離したウラン粒子を任意の間隔で再配置する (Fig.5, 6)。これにより、SIMS 法による一次イオンビーム照射領域に測定

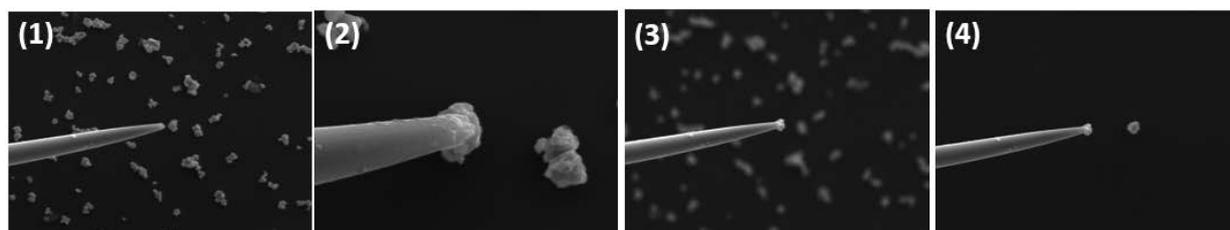


Fig.5 The procedure to manipulate uranium particle which should be analyzed from other particles under SEM observation. Uranium particle which should be analyzed is isolated from other particles by manipulator. Then, the particle is relocated onto another planchet on which only manipulated uranium particles exist.

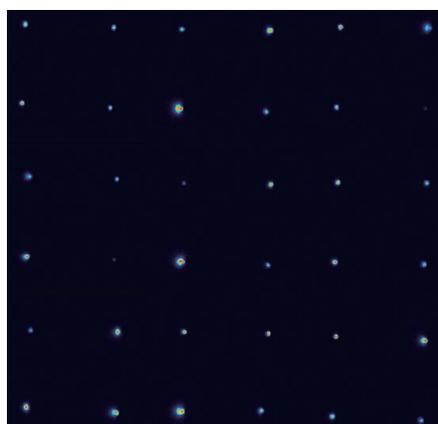


Fig.6 Secondary uranium ion image of manipulated uranium particles gotten by LG-SIMS instrument.

対象であるウラン粒子以外が存在しない状況を作り出すことができる。測定対象に隣接するウラン以外の粒子やインパクターによる吸引で試料台表面に付着する成分から生成される分子イオンの影響を排除し、ウラン同位体を精度よく分析することが可能となる。

我々が開発したこれらの分析技術によって SG-SIMS 装置による保障措置環境試料中のウラン粒子に対して高い正確さと精度を持った同位体組成分析が可能となった。

2.3 LG-SIMS 装置の登場 - 装置の性能と分析手法への影響

SG-SIMS 装置を用いて進められてきた保障措置環境試料中のウラン粒子の同位体組成分析であるが、近年、新たに開発された LG-SIMS 装置が主流となりつつある。シングルコレクター型 SG-SIMS 装置ではスワイプ試料中のウラン粒子の同位体組成を分析する際の実用的な質量分解能が 300 ~ 600 程度であるのに対し、LG-SIMS 装置は装置の大型化に伴って、大型の電磁石や高い加速電圧が採用され、質量分解能が 2400 ~ 4200 に向上した。質量分解能が大幅に向上されたことで質量分析時の分子イオンによる妨害の影響が大幅に軽減した。SG-SIMS 装置では、特に存在率の低いウラン同位体である ^{234}U 、 ^{236}U に関して、Table 1 に示したようにウランの同位体組成分析

における代表的な分子イオン妨害の元となるアルミニウム、鉄、タングステン、鉛の影響 [12] を除くことは難しかった。しかし、LG-SIMS 装置では ^{234}U 、 ^{236}U の同位体に関して、これらの分子イオンの影響を除くことができるだけでなく、複数の検出器で複数の同位体を同時に測定できるため、より正確かつ精度の高い分析結果を得られるようになった。

LG-SIMS 装置の例として日本原子力研究開発機構 (JAEA)、原子力科学研究所の高度環境分析研究棟 (CLEAR) に設置されているマルチコレクター型の二重収束磁場型 LG-SIMS 装置 (IMS-1300HR³, CAMECA) (Fig.7) について装置の構成と性能を紹介する。この装置は一次イオン光学系、二次イオン光学系、質量分析系の三部位で構成されている。一次イオン光学系は主にイオン源と生成した一次イオンビームを収束させる静電レンズから構成される。2.1 章でも触れたようにイオン源は分析する元素の特性によって変更する。我々は極微量のウラン粒子を測定対象としているため、一次イオンとして酸素イオン (O_2^+ 、 O^- 、 O_2^-) を採用している。一次イオンの極性と加速電圧や二次イオンを引き出すために高電圧が印加された試料表面の電場によって一次イオンの照射位置は変化するため、安定して一次イオンを照射するにはこれらの条件を一定に保つ必要がある。ウラン粒子の分析では、10 ~ 15 kV の加速電圧で

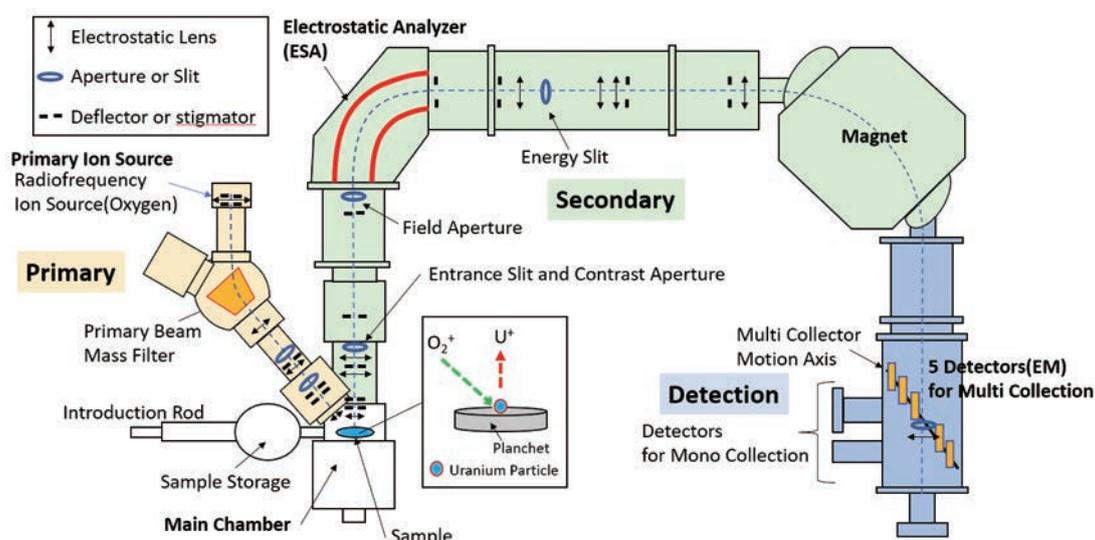


Fig.7 Illustration of Large geometry SIMS structure (IMS 1300-HR³).

酸素イオンビームを照射することで、5～10 kV が印加された試料表面へ5～25 keV の衝突エネルギーによる安定したスパッタリングが可能である。我々の LG-SIMS 装置では高周波 (Radio Frequency) プラズマイオンソース (RF ソース) と呼ばれる酸素イオン源が備わっており、RF ソース開発以前まで使用されてきた酸素イオン源である DUO プラズマイオン源よりも高密度の酸素イオンビームを試料に照射することが可能である。一次イオンビームの高密度化による利点はビーム径が小さい状態で従来の酸素イオン源よりも高い電流値の一次イオンビームを出力できることであり、空間分解能を高く維持したまま二次イオンの計数率を増加させることが可能となる [13]。加えて RF ソースによる一次イオンビーム電流値の変動率は $\Delta I/I=0.7\%$ (観察時間: 4 時間) であり、長時間にわたって安定した一次イオンビームを利用することが可能である。次に二次イオン光学系では一次イオンビームの照射によって分析試料から生成した二次イオンの収束と質量分析部への導入がなされる。生成した二次イオンを試料台表面に高電圧を印加することで加速させ、質量分析部方向へ引き出す。その二次イオンは二次イオン光学系の静電レンズによって収束され、スリットやアパーチャーを通過してエネルギー毎に選り分けられる。最後に磁場によって質量数毎に分別されて質量分析系の複数の電子増倍管 (EM 検出器) によって個々の同位体のイオン強度がそれぞれ計測される。SG-SIMS 装置のような一つの検出器を用いるシングルコレクター型質量分析装置では磁場を切り替えることで同位体をひとつずつ順番に検出する必要があるが、LG-SIMS 装置はマルチコレクター型の装置となっており、磁場を切り替えずに複数の同位体を同時に測定することができる。そのため、ビーム強度の変動などによる影響を受けにくく高精度の同位体組成分析が可能となる。マルチコレクターの利点として、スワイプ試料に含まれるようなマイクロメートル以下の粒径を持つウラン粒子に対する同位体組成分析でも測定精度の低下を抑えることができることも挙げられる。磁場の切り替えにより同位体の信号強度を順次に計測するシングルコレクター型の装置は、測定中の粒子の消耗に伴って二次イオンの

計数率が低下していく場合に各同位体の検出に時間のずれが生じる。そのため、経過時間による計数率の変化を補正しなければ正しい同位体組成が得られない。また、計測すべき同位体が多数存在する場合、積算時間を十分に確保できなくなるため測定精度は低下する。一方、マルチコレクター型の LG-SIMS 装置では一定の磁場で質量毎に分離された同位体に対して同時に複数の同位体の二次イオンを検出することが可能である。このため、測定対象が消耗してビーム強度が変動する場合でも時間による計数率の補正は必要なく、常に一定の同位体組成を得られ、各同位体の二次イオンに対する積算時間も等しく確保することができる。ウラン粒子に対する同位体組成分析について具体的な測定条件を挙げると、シングルコレクター型の SG-SIMS 装置では ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{236}U 、 ^{238}U とウラン水素化物の補正計算用の $^{238}\text{U}^1\text{H}$ をそれぞれ 4、2、4、2、2 秒の計 14 秒を 1 サイクルとし、磁場を切り替えながら二次イオンの検出を行うことを繰り返す [14]。LG-SIMS 装置の場合、同じ 14 秒間の測定で全ての同位体を全時間、計測することが可能であり、同じ粒子の消耗で各同位体について 4～7 倍の積算時間を確保することが可能である。測定中に粒子の消耗が見られる場合でも十分な二次イオンの積算時間を確保できるため、LG-SIMS 装置は微小ウラン粒子の同位体組成分析において分析精度で優位に立つことが明らかである。

このように LG-SIMS 装置は極めて高い性能を持ち、保障措置環境試料中のウラン粒子に対する同位体組成分析を行う上で強力なツールとなる。しかし、LG-SIMS 装置であっても、他の質量分析装置と同様に分析の正確さと精度は試料の前処理の影響が避けられない。測定対象であるウラン粒子が凝集していると、LG-SIMS 装置を用いても単体のウラン粒子に対する測定は困難であるためインパクター法は依然として有効である。マニピュレーション法に関しても同様に、LG-SIMS 装置の出現によって質量分解能の向上がなされた現在でも、ウラン粒子のみを試料台に回収し、分子イオンの影響を考慮せずに分析できる理想的な測定環境を作り出すことは、同位体組成分析の高い正確さと精度を保つのに有効な手法である。

3. LG-SIMS 法によるウラン粒子の同位体組成分析と測定結果の解析

LG-SIMS 法による保障措置環境試料に含まれるウラン粒子に対する同位体組成分析の具体的な測定方法の解説とともに LG-SIMS 法によるウラン同位体組成分析で得られた測定結果に対して行う必要がある補正計算や誤った同位体組成分析結果を導く危険性があるミキシング効果について解説する。

3.1 LG-SIMS 法による保障措置環境試料に含まれるウラン粒子の同位体組成分析の方法

スワイプ試料に含まれるウラン粒子を LG-SIMS 法で分析する手順は以下の3つに分けられる。

- ①スワイプ試料からインパクター法で GC 試料台上に粒子を回収する。粒子の回収前に GC 試料台上に吸着剤としてエイコサン($C_{20}H_{42}$)を塗布し、インパクター法で粒子を試料台表面へ回収する。粒子の回収後は、ウラン粒子とともに付着した吸着剤やその他試料に含まれる有機物の除去を目的として、試料台の加熱処理を行う。その後 LG-SIMS 装置に GC 試料台を導入する。
- ②粒子を回収した GC 試料台上に APM (Automated Particle Measurement, CAMECA) を利用した測定を行う。APM は CAMECA 社で開発され、CAMECA 社製 SIMS 装置を使用した複数の研究所によって改良が重ねられた粒子分析用ソフトウェアである。APM によって試料台上に存在する複雑なマトリックスの中からサブミクロン径のウラン粒子の位置を特定しつつ、それらの粒子がどのような同位体組成を有しているかを予備的に測定 (スクリーニング) できる。試料台上の広範囲を走査しながら連続で同位体組成分析を行うことで GC 試料台へ回収された数千～数万個の粒子の中からウラン粒子を特定し、同位体組成の分布を把握することができる [15,16]。我々の測定条件では APM はラスタ面積を $350 \times 350 \mu\text{m}^2$ として数十～百 nA の酸素イオンビームを照射する。測定前に試料台表面を洗浄する目的で 2 秒間の照射 (プレスパタリング) を行った後、18 秒間ウランの二次イオンを測定する。これを 1 単位の測定として、

GC 試料台上を中心から半径 $8500 \mu\text{m}$ の円状に網羅するように座標を移動しながら約 2400 回連続して行うことで広範囲の分析が可能となる。APM では一次イオンビームの照射範囲に複数の粒子が存在する。また、ひとつの粒子から得られる二次イオンは数十～数百 cps 程度となるため、測定精度は単体の粒子を対象とした精密な同位体組成分析と比較すると低いが、粒子位置とおおよその同位体組成を知るという目的には十分な精度である。

- ③ APM によって把握した試料台上のウラン粒子の個数と位置、同位体組成分布を元に、分析する粒子を選別し、単体の粒子を対象とした精密な同位体組成分析を行う。単体のウラン粒子に対する測定では一次イオンビームの照射面積を $10 \sim 20 \mu\text{m}^2$ とし、数十 pA～数 nA の一次イオンビームを照射することで数万～数十万 cps で同位体組成の分析を行う。我々の測定条件では 8 秒間 1 サイクルのデータ取得を 40 回繰り返すことでウラン粒子のウラン同位体組成を高精度に分析することができる。

3.2 ウラン同位体組成分析に影響するウラン水素化物について

LG-SIMS 法によるウランの同位体組成分析ではマルチコレクター型質量分析装置において一般的に行われる複数の検出器の効率補正、質量差別効果の補正に加えてウラン水素化物の補正が必要となる。ミクロンサイズのウラン粒子の ^{235}U 濃縮度 (^{235}U atom%) を精度よく分析することは保障措置環境試料を分析する上で重要であるが、同様に存在率の低い ^{234}U 、 ^{236}U の分析も濃縮や再処理などの活動を推定するための情報源となるため重要である。これらの存在率の低いウラン同位体は二次イオン生成時に共に生成されるウラン水素化物による影響を受けやすい。例えば、 ^{235}U の水素化物 $^{235}\text{U}^1\text{H}$ は ^{236}U とほぼ同じ質量をもつため、 ^{236}U の正確な分析を妨害する。Table 1 に示したように LG-SIMS 装置であってもウラン水素化物とウラン同位体のピークを分離するには質量分解能が足りず、これらのピークを分離することはできない。そのため、正しい分析結果を得るには他のウラン同位体から生成されるウラン水素化物の

寄与を差し引く補正計算が必要となる。ウラン同位体の中でウラン水素化物による影響を特に補正する必要があるのは ^{236}U である [17,18]。ウラン同位体の中でも ^{235}U と ^{236}U は存在率の高い ^{235}U の水素化物 ($^{235}\text{U}^1\text{H}$) が存在率の低い ^{236}U とともに検出される関係にあり、正しい ^{236}U の同位体比を得るには $^{235}\text{U}^1\text{H}$ の影響を除く必要がある。補正計算は ^{238}U と $^{238}\text{U}^1\text{H}$ の比によって求めたウラン水素化物の生成比を利用して、次の式により行う。

$$\frac{{}^{236}\text{U}_{true}}{{}^{238}\text{U}} = \frac{{}^{236}\text{U}_{meas}}{{}^{238}\text{U}} - \frac{{}^{235}\text{U}}{{}^{238}\text{U}} \times \frac{{}^{238}\text{U}^1\text{H}}{{}^{238}\text{U}}$$

${}^{236}\text{U}_{meas}$ は測定によって得られた二次イオン計数率であり、この値には ^{236}U と $^{235}\text{U}^1\text{H}$ が含まれている。これから ${}^{235}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ と ${}^{238}\text{U}^1\text{H}/{}^{238}\text{U}$ より求めた ${}^{235}\text{U}^1\text{H}/{}^{238}\text{U}$ を差し引くことで本来の ${}^{236}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ の値が求められ、正しい同位体比を得る。ウラン水素化物が低存在率のウラン同位体の検出に与える影響の一例として同位体比標準粉末である NBS-U850 (濃縮度 85%) に含まれるウラン粒子を LG-SIMS 装置で分析した際の ^{236}U の測定値と補正值を Fig.8 に示す。測定条件は一次イオンビーム電流値 150 pA、一次イオンビーム照射面積 $10 \mu\text{m}^2$ 、1 サイクル 8 秒間の計 40 サイクルとした。この測定で検出されている質量数 236 の二次イオンの平均計数率は $1.33 \times 10^3 \text{ cps}$ であり、この値は ^{236}U と $^{235}\text{U}^1\text{H}$ の計数率の合計値である。ウラン水素化物生成比 (UH/U) と ^{235}U の

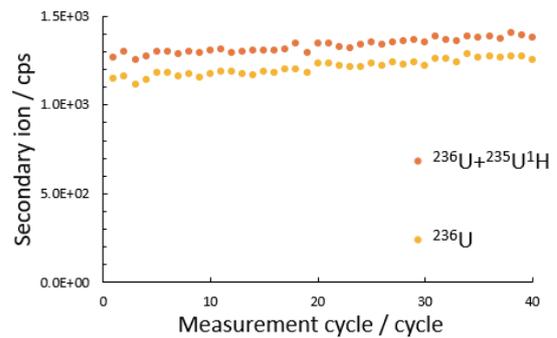


Fig.8 Secondary ions count rate of 236 mass ($^{236}\text{U} + ^{235}\text{U}^1\text{H}$) and that of ^{236}U corrected by uranium hydride.

計数率から $^{235}\text{U}^1\text{H}$ の平均計数率を求めると $1.22 \times 10^2 \text{ cps}$ となる。この高濃縮のウラン粒子では質量数 236 で計測された二次イオンのうち約 9% がウラン水素化物であると言える。特に高濃縮のウラン粒子は ^{235}U の存在率が高いことから ^{236}U に与えるウラン水素化物の影響は大きく、正しい同位体比を求める上で補正が必須となる。実際に複数の濃縮度のウラン同位体比標準粉末に含まれる粒子を LG-SIMS 装置で分析した結果を Fig.9 に示す。測定試料は国立標準局 (National Bureau of Standards, NBS) が調製した同位体比標準試料 (NBS-U010 (濃縮度 1%), NBS-U100 (濃縮度 10%), NBS-U350 (濃縮度 35%), NBS-U850 (濃縮度 85%)) を用いた。ウラン同位体組成の分析値はウラン水素化物による補正を行うことで、いずれの濃縮度においても、それぞれの保証値に対

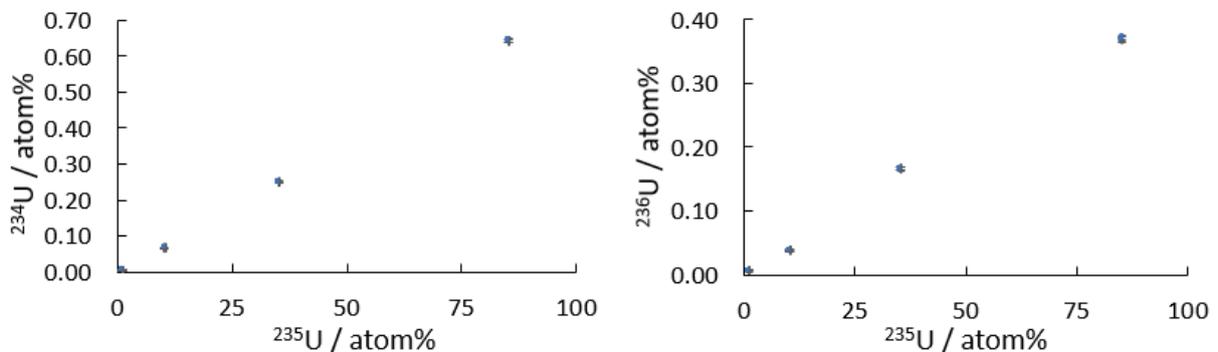


Fig.9 Results of isotopic ratio analysis for NBS-U010, U100, U350, U850 measured by LG-SIMS (IMS-1300HR³). Uranium hydride correction is applied with results. All results agree with certified values of each isotopic standards powder within 2σ range of standard error.

して標準誤差 (2σ) の範囲で正確な測定結果を得ることが可能となった。

3.3 ミキシング効果

インパクター法による粒子の回収であってもウラン粒子は試料台上で凝集することがある。複数のウラン粒子同士が近接することを完全に回避することはできない。LG-SIMS 装置のような高い空間分解能を持つ装置であっても、二次イオンイメージではひとつのように見える粒子が実際には複数のウラン粒子が凝集している場合がある (Fig.10)。この現象は粒子のミキシング効果と呼ばれ、同位体組成分析結果は複数の粒子の平均値となり、実際に試料に含まれる組成とはかけ離れた不正確な値を示す危険性がある。Fig.10 に示した二次イオンイメージは濃縮度 1%、10%、35%、85% の 4 種の同位体比標準粉末を混合した試料で観察されたものであり、同じ領域における ^{238}U と ^{235}U を表している。 ^{238}U と ^{235}U のそれぞれのイオンイメージでは単体の粒子に見えるが、 ^{238}U イオンと ^{235}U イオンの発生源は単一のウラン粒子ではなく、濃縮度 10% のウラン粒子と濃縮度 85% のウラン粒子の凝集した二つの粒子であった。この領域に対して同位体組成分析を行うと、分析結果は濃縮度 59% となった。ウラン粒子のミキシング効果により、分析結果は試料内に存在しない同位体組成を示した。この問題はマニピュレーション法を用いて単体の粒子を個々に分析することによって回避できる。マニピュレー

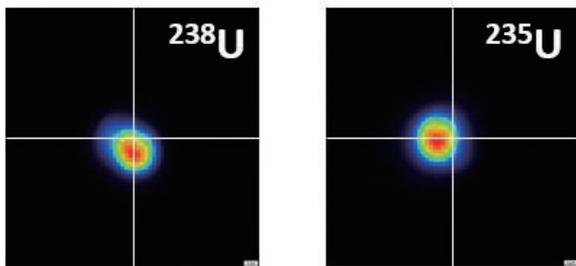


Fig.10 Secondary uranium ion image of “particle mixing” in 4 isotopic ratio standards mixed sample (1%, 10%, 35%, 85% enrichment). There are two particles in this area. The result of isotopic ratio analysis for “particle mixing” shows 58.8% enrichment which does not exist in the sample.

ション法は試料台上に固着していない粒径 0.5 ~ 25 μm の粒子や同様の大きさの針状、板状といった様々な形状の対象物を分離することが可能な技術であり、LG-SIMS 装置を使用する場合においてもウラン粒子同士やその他のウラン含有物が隣接することで生じるミキシング効果を避ける技術として有効である。

4. 正確なウラン同位体組成分析を目指した技術開発

4.1 高いウラン水素化物生成比を示す変質を起こした高濃縮ウラン粒子に対する APM 測定手法の検討

ウラン粒子には粒子の表面が周辺環境による影響を受けて、吸湿などの変質を起こしている場合がある。このようなウラン粒子を測定すると、ウラン水素化物比が高い傾向が見られる。そこで、変質した高濃縮ウラン粒子に対する APM の測定条件や測定手法の検討を行った。一般的にはウラン粒子の SIMS 分析におけるウラン水素化物生成比はほとんどの場合で $10^{-3} \sim 10^{-4}$ を示し、この範囲のウラン水素化物生成は APM の正確さに与える影響が小さく、無視することができる。しかし、高濃縮かつウラン水素化物生成比が高く ($10^{-1} \sim 10^{-2}$)、長期間保管されていたウラン同位体比標準粉末 (NBS-U850、濃縮度 $85.137 \pm 0.017\%$ 、 U_3O_8) の場合、APM でウラン濃縮度を測定すると平均値と標準偏差 (2σ) は $70.7 \pm 5.4\%$ となり、APM の正確さが著しく低下した (Fig.11)。そこで、このような従来の APM の測定条件では正確に濃縮度の情報が得られない実試料に対しても高い正確さと精度を持った APM 測定が行えるように測定条件や測定手法の改善を試みた。

正確さを欠く原因である $10^{-1} \sim 10^{-2}$ の高いウラン水素化物生成比は大気に晒されている粒子表面の変質によって引き起こされると考え、この変質部が粒子全体に対して占める割合を求めた。さらに、この結果を元の実試料へも応用可能なマニピュレーション法を組み合わせた APM の手法を検討した。最初に、ウラン粒子一個をほぼ全てイオン化させ、その過程におけるウラン水素化物生成比の変化を観察した (Fig.12)。測定開始時に $10^{-1} \sim 10^{-2}$ の高いウラン水素化物生成比を示すウ

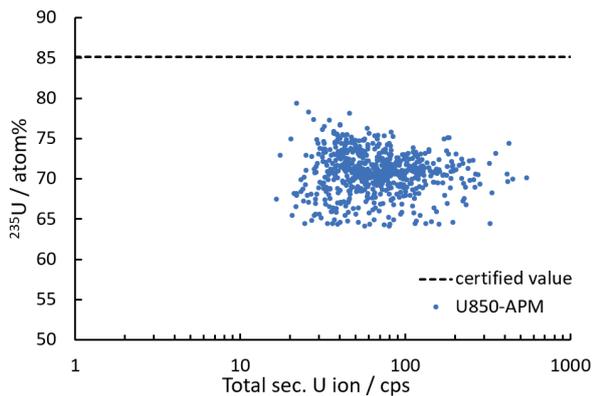


Fig.11 APM result of high enrichment uranium particles (NBS-U850: 85% enrichment) which showed high uranium hydride generation rate. High uranium hydride generation rate cause reducing accuracy of APM.

ラン粒子であっても一次イオンビームを照射し続けてウラン粒子の表面から内部への深さ方向に分析を進めるとウラン水素化物生成比は徐々に減少していき、その後約 6×10^{-4} で安定することがわかった。このことからウラン水素化物生成比は粒子表面で大きく、その粒子表面の部分を除いた上で、変質していない粒子内部で同位体組成を取得できるような測定条件や手法を検討することで、粒子表面が変質しているウラン粒子であっても正確な APM が行えると考えた。次にウラン水素化物生成比の変化が生じている部分が粒子全体に対して占める割合を求めた。スパッタリング開始からウラン水素化物生成比が一定の値を示すようになるまで減少していく区間で積算したウラン二次イオンと、粒子 1 個全てがイオン化するまで測定し、得られた積算二次イオン強度の比を求めた。その結果、ウラン水素化物生成比が粒子内部よりも高い部分は粒子 1 個の 2~9% (平均: 約 5%) を占めることがわかった。この割合は約 3 μm の粒径を持つ単体のウラン粒子に対して 2 分間程度の一次イオンビーム照射によって消耗される量に相当する。APM でこの量をスパッタリングによって除去するには、従来の測定条件から大幅に一次イオンビーム強度や測定時間を増強させなければならない。一次イオンビーム強度を増加させた場合は一次イオンビームのビーム径も大きくなるため、空間分解能の低下を招く。測定時間

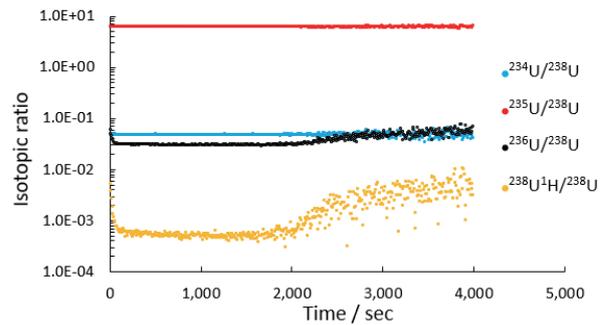


Fig.12 Isotopic ratio observation during total evaporation of uranium particle. Uranium hydride rate was reduced within 200 sec and it showed constant value until particle died. Only particle surface showed high uranium hydride rate.

についても現在の条件で測定に要する約 13 時間を大幅に超えてしまうため、単純に測定条件を増強して実試料に適應することは現実的ではない。

そこで、マニピュレーション法と APM を組み合わせ合わせた上で、二段階に分けてスパッタリングを施すことで表面の変質部分を除去する手法を試みた。表面が変質した高濃縮ウラン粒子を 3 章で紹介したマニピュレーション法によって GC 試料台上に 150 μm 間隔で配置した。APM における 1 単位の測定は一次イオンビームのラスタ照射面積を $300 \times 300 \mu\text{m}^2$ とし、4 粒子のみがこの範囲に収まるようにした。一次イオンビーム強度 60 nA で 120 秒間プレスパッタリングを行い、粒子の変質部に相当する粒子の全量の約 5% を消耗させてからビーム強度を 15 nA に変更してウラン二次イオンを 18 秒間測定した。粒子を配置した部分を指定して座標を移動しながら連続で自動測定する APM を実施し、合計 25 粒子を検出した (Fig.13)。表面が変質した高濃縮ウラン粒子に対して従来の条件による APM でウラン水素化物の補正を行わなかった場合、 ^{235}U 濃縮度の平均値と標準偏差 (2σ) は $70.7 \pm 5.4\%$ と正確さの低い結果であったが、マニピュレーション法と変質部分の除去を目的としたプレスパッタリングを加えた APM の結果は $85.3 \pm 0.2\%$ を示し、正確さの範囲内で保証値と一致するとともに精度が 7.6% から 0.2% へと向上した。この手法を実試料に対して

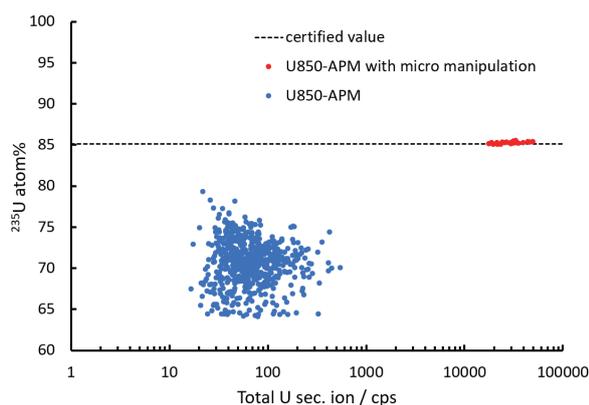


Fig.13 APM results of NBS-U850 which showed high uranium hydride generation rate. The result of APM combined with micro-manipulation shows high accuracy and precision compared with former APM condition.

活用する際はマニピュレーション法によって分離したウラン粒子がスワイプ試料に付着している全種類のウラン粒子を網羅できるような手法を検討する必要があるものの、従来の APM では正確な結果を得られない粒子表面に変質部を含む高濃縮ウラン粒子に対して正確な結果を得ることが可能になった。

4.2 ウラン粒子の加熱処理温度の違いによるウラン二次イオンの生成量と結晶性の変化

表面が変質したウラン粒子について、変質は大気中の水分に関わるものと推測し、SIMS 分析時のウラン水素化物生成の原因となる水分を減らすため測定前の試料の最適な加熱温度の検討を行った [19]。有機物の除去を目的とする試料の前処理加熱を高温にすることでウラン粒子の化学形や結晶性の変化およびウラン二次イオンやウラン水素化物の生成量の変化が生じる可能性があるため、これらの変化を観察することで加熱処理温度が APM の正確さや精度に与える影響を評価した。

4.1 章と同一の高濃縮かつウラン水素化物生成比が $10^{-1} \sim 10^{-2}$ を示すウラン同位体比標準粉末 (NBS-U850) に対して 2 つの異なる条件で試料を調製し、LG-SIMS 装置による APM 測定を行った。粒子の調製は窒素充填したグローブバック内でインパクト法によってエイコサンを塗布した GC 試料台と Si 試料台へそれぞれ回収した

後、加熱温度と時間を変えて吸着剤として使用したエイコサンや試料に含まれる有機物を蒸発させる処理を行った。試料 A は試料台に塗布する吸着剤やスワイプ試料内の有機物除去を目的とした従来の粒子回収における加熱温度で調製し、ホットプレート上に粒子を回収した GC 試料台を置いて試料台表面を 350°C にして 1 時間加熱した。一方、試料 B は加熱温度を 800°C に上昇させることによって焼成し、化学形態や結晶性に变化を与えながら、粒子表面の変質部を脱水してウラン水素化物生成を低減することを目的とした。粒子が乗った Si 試料台を大気雰囲気下で電気炉内に入れ、 800°C で 2 時間加熱した後、インパクト法によって新しい GC 試料台上へウラン粒子を回収した。加熱後にそれぞれの試料台を LG-SIMS 装置に導入して APM を行った。APM の測定条件は試料 A、B で同一とした。1 単位の測定はビーム照射面積を $350 \times 350 \mu\text{m}^2$ とし、約 2400 回の連続測定を試料台の中心から半径 $8500 \mu\text{m}$ の円を描くように座標を移動して行った。一次イオンビームの強度は 10 nA とし、プレスパッタリングを 2 秒間行った後にウランの二次イオンを 18 秒間測定した。この APM の測定条件は同位体比標準粉末のような標準試料に対してのみ従来の測定条件よりも良い正確さと精度で APM の結果が得られるものである。また、試料 A、B それぞれから APM を行う前にウラン粒子をマニピュレーション法で分離した。さらに、分離した個々のウラン粒子の化学形をラマン分光法で測定した。装置及び測定条件は次の通りである (ラマン分光分析装置 MicroRAM-300/532A Lambda Vision、レーザー波長 532 nm 、レーザー出力 0.1 mW 、照射時間 60 秒間)。

試料 A、B に対する APM で検出されたウラン粒子の全ウラン二次イオン計数率と濃縮度の関係を Fig.14 に示した。 350°C で加熱した試料 A では、検出されたウラン粒子の濃縮度の平均値とその標準偏差 (2σ) は $84.0 \pm 1.8\%$ であり、 800°C で加熱した試料 B では $80.9 \pm 5.0\%$ であった。試料 A、B ともに標準偏差 (2σ) の範囲では同位体比標準粉末の保証値と一致しているが、試料 B は試料 A よりも正確さと精度の両方で低い。この実験から 800°C での高温の加熱は試料を SIMS 法

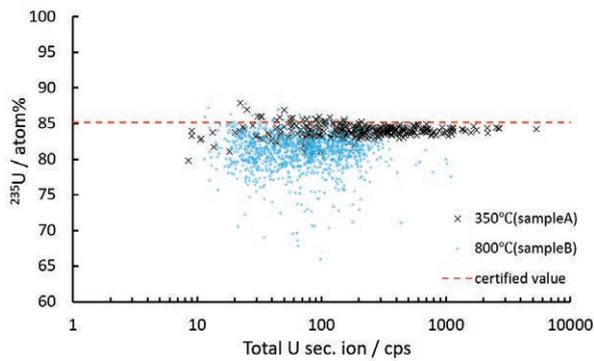


Fig.14 Enrichment of uranium particles and uranium secondary ion counts rate about sample A and B measured by APM.

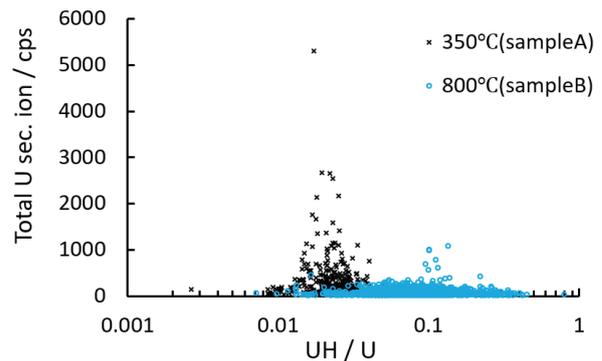


Fig.16 The relationship between quantity of U sec ions and uranium hydride ratio about sample A and B.

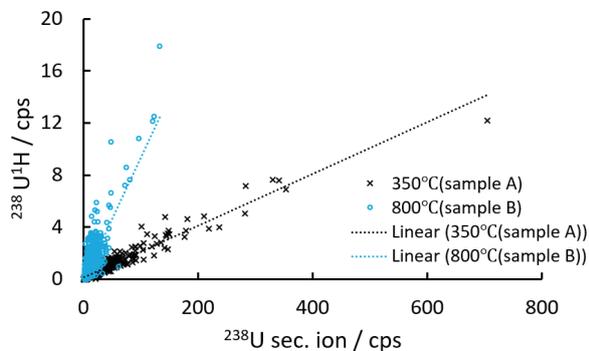


Fig.15 Uranium hydride ($^{238}\text{U}^1\text{H}$) cps and ^{238}U secondary ion cps of sample A and B.

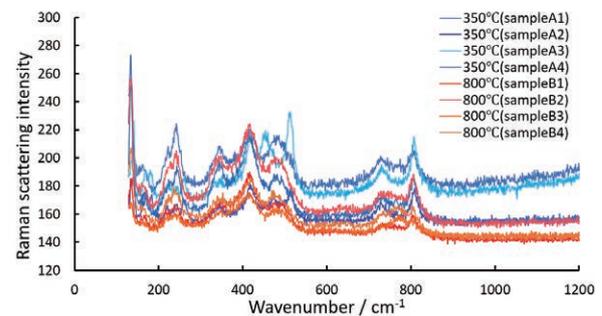


Fig.17 Raman peaks of sample A and B. U_3O_8 shows raman peaks at 241 cm^{-1} , 348 cm^{-1} , 412 cm^{-1} , 493 cm^{-1} , 731 cm^{-1} , 806 cm^{-1} . Raman peak of sample A3 indicates sample A including uranium oxides other than U_3O_8 .

にとって適さない状態へ変化させたことを示唆している。次に、Fig.15に試料A、Bのウラン水素化物 ($^{238}\text{U}^1\text{H}$) とウラン二次イオン (^{238}U) の計数率の関係を示した。試料A、Bともに18秒間の測定で計測された $^{238}\text{U}^1\text{H}$ の中央値は 1.0 ± 1.3 cpsであった。試料A、Bで検出されたウラン粒子のウラン水素化物生成比 ($^{238}\text{U}^1\text{H}/^{238}\text{U}$) とウラン二次イオンの計数率の関係を図.16に示した。試料Aで検出されたウラン粒子の $^{238}\text{U}^1\text{H}/^{238}\text{U}$ の平均値が 2.4×10^{-2} であり、この位置にウラン二次イオンの計数率が数千 cps となるピークを形成していた。800℃で加熱した試料Bでは $^{238}\text{U}^1\text{H}/^{238}\text{U}$ の平均値は 9.9×10^{-2} と試料Aの約4倍の値を示し、計測された二次イオン量の平均値は試料Aの26%まで低下していた。Fig.15、16から800℃で試料を加熱するとウラン水素化物の生成量は変わらずに、ウラン二次イオンの生成量は減少するためウラン水素化物生成比が上昇しているこ

とがわかった。最後に、ウラン粒子の化学形に関して Fig.17に示したラマン分光分析の結果では、800℃で加熱した試料Bは全ての粒子で 241 cm^{-1} 、 348 cm^{-1} 、 412 cm^{-1} 、 493 cm^{-1} 、 731 cm^{-1} 、 806 cm^{-1} 付近にラマンピークが見られ、ウラン粒子の形態が U_3O_8 で統一されていることが確認できた [20]。この分析結果から試料Aのウラン粒子には U_3O_8 を主とする粒子が多いが、 460 cm^{-1} 、 520 cm^{-1} 付近にラマンピークが観測される U_3O_8 以外の酸化物が存在していることがわかった。以上の結果から、800℃で試料を加熱することでウラン粒子の化学形態は U_3O_8 に変化し、結晶性も上がったが、同時にこの変化はウラン粒子のスパッタ効率を低下させ、ウラン二次イオンの生成量の低下を引き起こした。これに加えて、実験前に想定していた焼成による脱水の効果も観察でき

ず、ウラン水素化物の元となる水素供給源の低減には繋がらなかった。粒子表面は依然として水素供給源が過多であり、ウラン水素化物生成比は大幅に増加した。

ウラン粒子の変質に関わると推測される水分の除去を目的とした加熱温度の検討については、800℃の加熱であってもウラン水素化物の生成量がほとんど変化せずに、ウラン二次イオンの生成量のみが低下したことから加熱温度の変更により粒子の変質を解消することは困難であることがわかった。本実験では変質の解消には至らなかったものの、ウラン粒子の結晶性の高さが二次イオンの生成量に影響する可能性が示唆された。変質を起こした粒子を SIMS 法で正確に分析するには、最適な結晶状態を維持しつつ、変質を解消できるような手法を開発することが必要であるとわかった。

5. おわりに

本稿では SIMS 法の原理についての解説と SG-SIMS を利用した技術開発の初期段階から LG-SIMS が主流となる現在までの保障措置環境試料中のウラン粒子の同位体組成分析技術の発展を紹介した。本稿で紹介した内容以外にも近年、保障措置環境試料分析の分野では SIMS 法による単体のウラン粒子に対する $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代測定手法 [21] や ^{237}Np からの壊変やトリウム炉の傍証となる存在度が非常に低い ($10^{-7} \sim 10^{-6}$) ^{233}U の検出、同位体組成分析を行う手法の検討が行われている。保障措置分野においては環境試料中の極微量の核物質の中でも存在度の低いウラン同位体に対して正確かつ精度よく分析できるような技術開発を今後も続ける必要があることに加えて、核燃料物質を含む微粒子の化学形、元素組成の分析にも範囲が広がっていく可能性がある。測定対象についてもウランだけでなく、プルトニウム粒子や MOX 粒子に含まれるウランとプルトニウムへと移り変わり、新たな分析手法、技術の開発が必要になると考えられる。

謝辞

本研究は原子力規制庁から委託を受けて実施した「保障措置環境分析調査」の成果の一部が含ま

れる。

引用文献

- [1] D. L. Donohue, *J. Alloys Compd.* 1998, 271-273, 11-18.
- [2] D. L. Donohue, *Anal. Chem.* 2002, 74, 28A-35A.
- [3] Boulyga, S. K. Kappel, S. Richter and L. Sangely, *J. Anal. At. Spectrom.* 2015, 30, 1469-1479.
- [4] F. Esaka, K. Watanabe, H. Fukuyama, T. Onodera, K. T. Esaka, M. Magara, S. Sakurai and S. Usuda, *J. Nucl. Sci. Technol.* 2004, 41(11), 1027-1032.
- [5] G. Tamborini, M. Betti, V. Forcina, T. Hienaut, B. Giovannone and L. Koch, *Spectrochim. Acta, Part B.* 1998, 53, 1289-1302
- [6] 日本表面科学会編「二次イオン質量分析法」, 丸善
- [7] D. L. Donohue, S. Vogt, A. Ciurapinski, F. Ruedenauer, M. Hedberg, IAEA-SM-367/10/07.
- [8] T. H. Kim, J. Park, N. R. Lee, C. G. Lee, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2020, 326, 1887-1894.
- [9] F. Esaka, C. G. Lee, M. Magara, T. Kimura, *Anal. Chim. Acta.* 2012, 721, 122-128.
- [10] F. Esaka and M. Magara, *Mass Spectrometry Letters.* 2016, 7(2), 41-44.
- [11] F. Esaka, K. T. Esaka, C. G. Lee, M. Magara, S. Sakurai, S. Usuda and K. Watanabe, *Talanta.* 2007, 71, 1011-1015.
- [12] F. Esaka, M. Magara, C. G. Lee, S. Sakurai, S. Usuda, N. Shinohara, *Talanta.* 2009, 78, 290-294.
- [13] Y. Ranabo, P. M. L. Hedberg, M. J. Whitehouse, K. Ingeneri and S. Littmann, *J. Anal. At. Spectrom.* 2009, 24, 277-287.
- [14] P. Peres, 「CAMECA IMS 1300-HR³: New Generation Ion Microprobe」, abstract in :AGU Fall Meeting; Dec 2016; San Francisco, U.S.A
- [15] P. M. L. Hedberg, P. Pres, J. B. Cliff, F. Rabemananjara, S. Littmann, H. Thiele, C. Vincent and N. Albert, *J. Anal. At. Spectrom.* 2011, 26,

- 406-413.
- [16] P. Peres, P. M. L. Hedberg, S. Walton, N. Montgomery, J. B. Cliff, F. Rabemananjara, and M. Schuhmacher, *Surf. Interface Anal.* 2013, 45, 561-565.
- [17] D. S. Simons and J. D. Fassett, *J. Anal. At. Spectrom.* 2017, 32(2), 393-401.
- [18] N. Erdmann, M. Betti, O. Stetzer, G. Tamborini, J. V. Kratz, N. Trautmann and J. van Geel, *Spectrochim. Acta B.* 2000, 55, 1565-1575.
- [19] R. Tomita, J. Tomita, T. Yomogida, D. Suzuki, K. Yasuda, F. Esaka and Y. Miyamoto, *Proceedings of the 23th Workshop on Environmental Radioactivity*, 2022.
- [20] E. A. Stefaniak et al., *J. Nucl. Mater.* 2008, 381, 278-283.
- [21] C. Szakal, D. S. Simons, J. D. Fassett. A. J. Fahey, *Analyst*, 2019, 144, 4219-4232.

特集 (教育部会の活動報告その1: 第1回教育セミナー)

第1回教育セミナーの開催報告

篠原 厚 (日本放射化学会教育部会会長・大阪青山大学学長)

令和4年度から本格始動が始まった部会制度の中で、新しく設置された教育部会の取り組みの一つとして「教育セミナー」の定期的開催があります。本稿では、昨年5月21日に部会のキックオフミーティングに合わせて行われた第1回教育セミナーについて、大変遅くなりましたが報告します。なお、昨年度末に行った第2回セミナーの際に、セミナーで行われた講演内容を本誌に掲載するという方針となり、第1回セミナーではこの件を前提とはしていなかったため、また1年以上前の講演で、本来無理な話ですが、講演者に個々にご相談お願い申し上げ、可能な場合のみ執筆いただいたことを付け加えておきます。そのため、各講演の詳細は掲載頂いた分についてはそちらをご覧ください。ここでは内容の詳細は省かせていただきました。

まず、開催の経緯も含め教育セミナーとは何を目的としているかについて、はじめに簡単に記しておきたいです。本セミナーは、部会の準備委員会の段階から、放射化学教育や人材育成に関する、部会員の意見交換や情報共有、特定のテーマについての討論の場として、さらには学会の共通の理念・歴史的認識の共有のために、討論会とは別に毎年数回半定期的に行うというコンセプトのもとに計画されたものです。セミナーのテーマとして以下のような内容が想定されています。

- ・放射化学の歴史シリーズ：放射能の歴史ニッポニウムの話など、各分野の歴史など
- ・教育コンテンツシリーズ：各大学等の教育コンテンツや方法の実例紹介等
- ・その他、各取組みとの連携や他部会のコンテンツポラリーな話題で教育人材に関するもの

セミナーの実施主体はあくまで教育部会ですが、基本はオープンで、広く学会員（話題により関係学協会員に広げる）に参加いただくものです。開催時期・場所や形式などについては、まだ決まっ

た方針はありません。現状は、年2回程度、環境放射能研究会や討論会との連携、テーマによって各地域開催も検討する、という程度で進めています。実施形態は、第1回はまだ新型コロナが横行していましたので、対面とオンラインのハイブリッド形式にせざる得ませんでした。以降もオンライン参加の利便性は捨てがたく、ハイブリッド開催が基本となると思われます。

以下、第1回教育セミナーについて実施内容を簡単に報告します。最初に記したように部会のキックオフミーティングを東大院理で行い、引き同じ会場で行うこととしました。初回のテーマとしては、今後の部会活動の参考や連携に基なることを期待して、関連学協会における教育人材育成の取組みの現状の紹介を、関係者に依頼することとしました。図1のプログラムに示します。

セッション1を社会・学校教育活動というテーマとし、まず、特別公演という位置づけで、放射化学が大きく関わっている放射線教育のNPO法人である放射線教育フォーラムの理事長である工藤博司先生（東北大名誉教授）から「NPO法人放射線教育フォーラムの活動」というタイトルでお話いただきました。学校教育での放射線教育の復活を設立趣旨とし、これまでの国や教育現場への働きかけ、種々の活動実績の紹介があり、現在の活動と放射化学会のさらなる関与の必要性なども示唆されました。次に、福島美智子先生（石巻専修大）に石巻で行政と連携して進められている市民への教育活動のとして「放射線教育の基礎の基礎の基礎_原子力災害時における広域避難計画の説明のために」についてご講演頂き、直面しているリアルな課題を共有しました。両講演とも、第1回を飾るにふさわしい、かつ部会にとっても非常に受け取るところが多い素晴らしい内容でした。

セッション2は他学会等の教育人材育成活動の

紹介をテーマに、その第1弾として、多くの関連学協会の中から日本原子力学科、日本地球化学会、日本化学会について、各学会で該当の担当をされている方に講演を依頼しました。原子力学会からは、池田伸夫先生（九大院工）には「原子力学会教育委員会の活動紹介」というタイトルでお話しいただき、学会の委員会組織として、学校教育における教科書の調査・提言、先進的原子力教育コンソーシアムの構築、高専への貢献、各種出前授業の提供、学生・教員とシニアとの対話、技術士資格取得支援など、多くの活動の紹介がありました。角野浩史先生（東大院理）の「日本地球化学会における若手人材育成のための取り組みの紹介」では、若手対象の各種表彰制度や支援制度、すでに長い実績のある出前講義・講師派遣の実績と課題の紹介があり、当学会と重なる分野もあり規模的にも近い例として、非常に参考になるお話を頂きました。また、日本化学会は本体は大きすぎて当学会の参考になりにくいいため、近畿支部と石川化学教育研究会が連携して行っている種々の取り組みについて、部会員の横山明彦先生（金沢大理工）から紹介いただきました。いずれも、当部会にとって非常に貴重な情報の多いご講演でした。特に原子力学会や地球化学会の取り組みは分野が近いことも有り、連携の可能性が示唆される実り多い内容でした。

第1回教育セミナー	
日時:	令和4年5月21日(土) 14:15~18:00
場所:	東京大学理学部1号館105号室&オンライン(ZOOM)
14:15	開会あいさつ 司会進行: 薬袋佳孝(武蔵大)
セッション1: 社会・学校教育活動(40+10)	
座長: 緒方良至(愛知医大)	
14:20	「NPO法人放射線教育フォーラムの活動」 工藤博司(同法人理事長・東北大名誉教授)
15:10	「放射線教育の基礎の基礎の基礎 原子力災害時における広域避難計画の説明のために」福島美智子(石巻専修大・特命教授)
(15分時間調整・休憩)	
セッション2: 他学会等の教育人材育成活動の紹介1(20+10)	
座長: 鈴木達也(長岡科技大)	
16:15	「日本化学会近畿支部・石川化学教育研究会共催事業の紹介」 横山明彦(金沢大理工・教授)
16:45	「原子力学会教育委員会の活動紹介」 池田伸夫(九大院工・教授)
17:15	「日本地球化学会における若手人材育成のための取り組みの紹介」 角野浩史(東大・先端研・教授)
17:45	総合討論
18:00	閉会

図1. 第1回教育セミナーのプログラム

図2にキックオフミーティングとセミナーの合間でとられた集合写真を掲載します。本会の参加者は35名(対面:15、オンライン(最大):20)で、対面参加はコロナ禍ではこの程度とされますが、オンライン参加については、今後、もう少し積極的な参加を期待したいと思います。実施に当たっては、東京大学理学部の教室を会場として使わせて頂き、高橋嘉夫先生はじめ東大の関係者に大変お世話になりました。紙面をお借りして感謝したいと思います。



図2. 参加者の集合写真

特集（教育部会の活動報告その1：第1回教育セミナー）

設立から30年を迎える「放射線教育フォーラム」の歩み

工藤 博司（東北大学名誉教授、NPO 法人放射線教育フォーラム理事長）

放射線教育フォーラムは1994年4月1日に任意団体として発足し、2000年11月22日に特定非営利活動法人（NPO）に移行して今日に至っている。設立の経緯は当フォーラム発行のニューズレター第1号に詳しく記載されホームページで公開されているが[1]、その過程で大きな役割を果たしたのは松浦辰男教授定年記念事業会であった。松浦教授は1950年に東京大学理学部化学科を卒業後、立教大学原子炉研究所で43年間にわたり教育と全国共同利用の運営に携わり、ホットアトム化学研究を先導した放射化学界の大先輩である。わが国の中学校・高等学校における放射線教育が十分でないことを心配していた松浦教授は有馬朗人氏（前東大総長）に会長就任を依頼し、自身は総務幹事として200名を超える会員の先頭に立って事業の遂行に努めた。設立趣意書には「原子力に関する正しい知識の普及を専門家が高校や中学校の教員と協力してボランティアの立場で行い、原子力や放射線の正しい知識の普及とこの分野における将来の人材の確保・養成に寄与することを目的とする」とある。

当フォーラムは来年（2024年）設立30周年を迎えるが、その間、有馬会長につづき伏見康二（元日本学術会議会長、阪大・名大名誉教授）、松浦辰男（立教大名誉教授）、長谷川罔彦（静岡大名誉教授）の各氏が代表を努め、現在は筆者がその任にあたっている（図1）。有馬先生は2000年の法人化に際して再度会長に就き、事業の発展を支えた。

設立当初に当フォーラムが最も力を注いだのは中学校の理科の教科書に「放射線」を復活させることであった。実は、1981年4月実施の文部省（現文部科学省）中学校理科学習指導要領から「放射線」が削除され、教科書からも放射線に関する記述が消えてしまっていた。目的達成のため、文部大臣や科学技術庁長官に要望書を提出する一方、



図1 歴代代表者

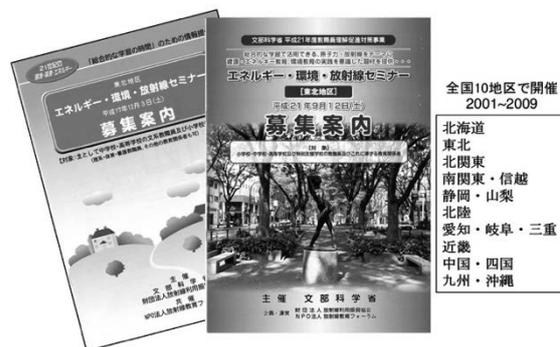


図2 「エネルギー・環境・放射線セミナー」の参加者募集案内

2001年から09年まで、毎年全国10地域で文系教員のための「エネルギー・環境・放射線セミナー」（文部省主催）を開催した（図2）。努力の甲斐があって2008年3月文部省告示の中学校理科新学習指導要領で放射線が取り上げられ、5年後の2012年に教育現場で30年ぶりに放射線教育が復活した（表1）。

ただ、30年間の空白は大きかった。当フォーラムが国内の中学校の半数に近い4,737校の理科および技術科担当教員を対象に実施したアンケート調査の結果（回収率13.2%）、自身が学校で放

表1 中学校における放射線教育復活に向けての動きかけ（年譜）

1994年4月	放射線教育フォーラム設立
1995年6月	「放射線教育の改善に関する要望書」文部省に提出
1996年11月	要望書「エネルギー・環境問題に関連たこれからの放射線教育の在り方」文部大臣に提出
12月	要望書「学校および社会における放射線教育を効果的に行うための方策について」科学技術庁長官に提出
2000年3月	NPO法人放射線教育フォーラム設立総会
2000年11月	NPO法人放射線教育フォーラム認証取得
2001年8月	文系教員のための「エネルギー・環境・放射線セミナー」開設
2005年8月	要望書「エネルギー・環境教育充実のための学習指導要領の改善について」文部科学大臣に提出
2008年3月	中学校理科学習指導要領改訂（文部科学省告示）
2010年8月	中学校理科・技術科担当教員アンケート実施（国内4,737校対象）
2011年3月	フクシマ原子力事故
2012年4月	中学校における放射線教育復活（1981年以来30年ぶり）

放射線を学んだ覚えのない理科教員が36.9%にのぼることが判明した。高校あるいは大学で学んだことがあるとの回答は約48.3%であったが、「中学校で学んだ覚えがある」は11.4%にとどまった[2]。実際、「何をどのように教えればよいのか」との声を寄せた理科教員は少なくなかった。

そこで「放射線学習支援資料」や「授業にすぐ使えるパワーポイント（原子構造と放射線の基礎など7編）」を作成しホームページで公開し、教育現場の支援に務めた(図3)。ホームページでは、定期刊行物である機関誌「放射線教育」（年1回発行）とニュースレター（年3回発行）も公開されている(図4)。

2017年6月、(株)放送映画製作所の依頼を受けて「学校教育における放射線教育用映像教材(DVD)」の制作に参画し、2018年6月に「Rの正体～放射線の性質と利用～」と題するDVD（本編、実験編、福島編の全3巻）と付属教材（教師用手引書および生徒用冊子）を国内の全中学校（10,204校）に無償で配布した(図5)。文科省選定教育映像として高い評価を受け、教育現場からの反響も大きかった。ウェブサイト「Teacher's Net」で公開されており[3]、教育現場からも常時アクセスできる。

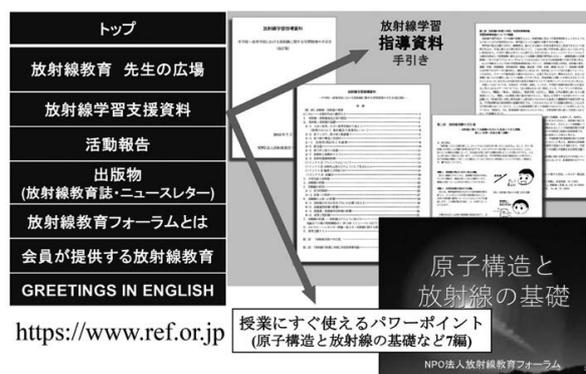


図3 「放射線学習支援資料」と「授業にすぐ使えるパワーポイント」のホームページ掲載

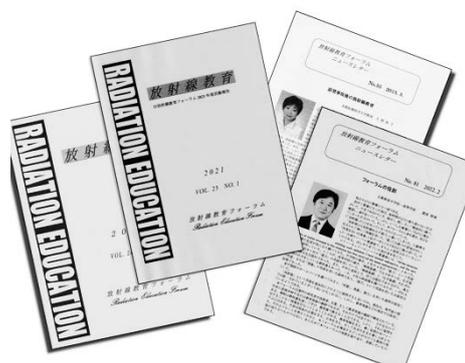


図4 機関誌「放射線教育」（年1回発行）とニュースレター（年3回発行）



“Teacher’s Net”で公開
<<https://www.teachersnet.com/education/r/>>

図5 文科省選定教育映像 (VDV) 「Rの正体～放射線の性質と利用～」

放射線教育
国際シンポジウム
International Symposium on
Radiation Education
(ISRE)

第1回 (1998)	神奈川県葉山町
第2回 (2002)	ハンガリー・デブレゼン市
第3回 (2004)	長崎市
第4回 (2008)	台湾・新竹市 (国立清華大学)
第5回 (2016)	福島県郡山市
第6回 (2021)	台湾・台北市 (オンライン)

ISRE 2021(台北)の要旨集

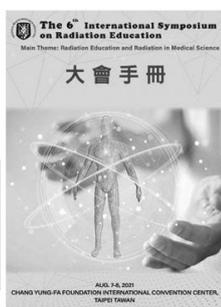


図6 放射線教育国際シンポジウム (International Symposium on Radiation Education: ISRE)

学校教育の支援では、年3回開催する「勉強会」が大きな役割を演じている。放射線の基礎および利用あるいは環境・エネルギーに関する情報交換だけでなく、教育現場からの授業実践報告にも重きを置き、会員でなくても自由に参加できる場である (オンライン参加も可)。

国際交流にも力を入れ、1998年に神奈川県葉山町の湘南国際村で開催した第1回放射線教育国際シンポジウム以来、一昨年 (2021年) 6月の台湾での第6回までの全ての国際シンポジウムを主催または共催した (図6)。

これからも、日本放射化学会をはじめ関連組織や団体と連携しながら、一般市民および次世代を担う中学生・高校生の放射線リテラシー (心得) の向上をめざして地道に活動を続けていきたい。ただ、会員数の減少と会員の高齢化という課題を抱えているので、将来に向けて一人でも多くの新規入会を期待する。

参考資料

- [1] 放射線教育フォーラムニュースレター No. 1 (1994); <https://www.ref.or.jp/>
- [2] 新技術振興渡辺記念会調査研究報告書, 放射線教育別冊, pp. 11-18 (2011); <https://www.ref.or.jp/>
- [3] DVD教材「Rの正体～放射線の性質と利用」, Teacher’s Net (<https://www.teachers-net.com/education/r/>) で公開

特集（教育部会の活動報告その1：第1回教育セミナー）

放射線教育の基礎の基礎の基礎 原子力災害時における広域避難計画の説明のために

福島 美智子（石巻専修大学理工学部）

石巻専修大学と女川原子力発電所は20 km 余の距離で離れている。以前は原子力発電所の事故による影響は原子力発電所の20 km 圏内とされていたが、2011年3月の福島第一原子力発電所事故の放射性汚染状況により、30 km 圏内での影響を無視できないことが明らかになった。それを受けて、原子力発電所事故が発生した場合の地域住民の広域避難計画が新たに作成された。

原子力災害は日本においては2011年3月の福島第一原子力発電所事故に見られるように、大地震や大津波のような天災によって引き起こされる可能性が高い。そのため、原子力災害が発生した時、その地域では電気、水道、通信機能などが失われている状況を同時に想定しておく必要がある。原子力災害が発生した場合に、避難を促すための石巻市の区域は、図1に示すように3種類に分類され、各々の区域を図2に示す。原子力災害が発生した場合の避難に関する全体の概念を図3に示す。特に、準PAZの区域は、離島および女川原発をはさんだ半島の先端部にあたるため、避難時の困難が予想される。そのため、原子力発電所での事故状況によって、PAZおよび準PAZは予防的に避難を開始する。準PAZに含まれる離島の場

<概ね5km圏内>

PAZ（予防的防護措置を準備する区域）:
Precautionary Action Zone

急速に進展する事故を想定し、放射性物質が放出される前の段階から予防的に避難等を実施する区域

<概ね5-30km圏内>

UPZ（緊急防護措置を準備する区域）:
Urgent Protective Action Planning Zone

事故が拡大する可能性を踏まえ、屋内退避や避難等を準備する区域

<PAZ外の有人離島、牡鹿半島地域>

PAZに準じた避難等の防護措置を準備する区域（準PAZ）

図1 原子力災害が発生した場合に避難を促すための区域の分類

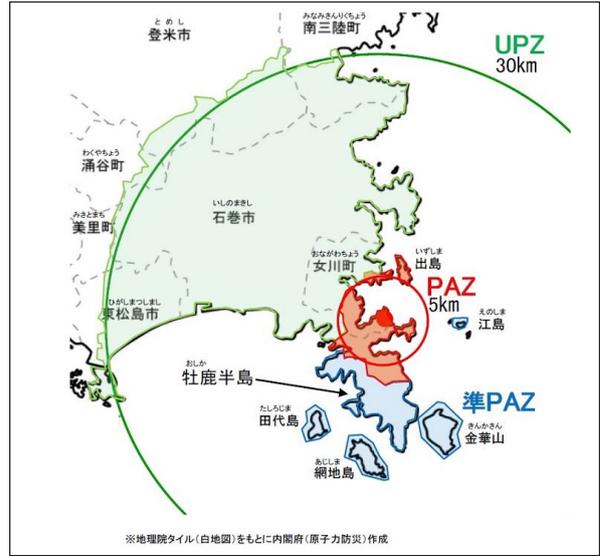


図2 女川地域の緊急時における3区域

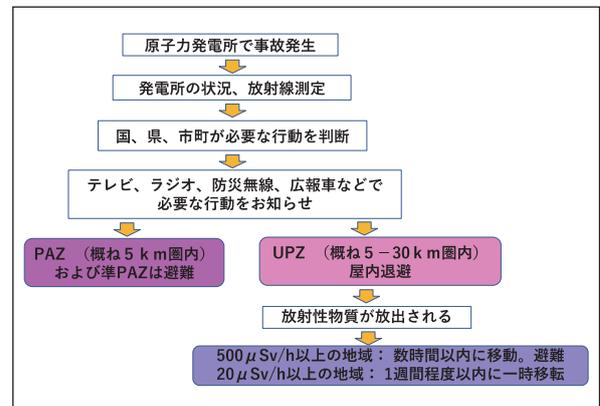


図3 原子力発電所で事故が発生した場合

合にはヘリコプターか船舶での避難となるが、半島の場合には図4に示すように自家用車、避難用バス、船舶あるいはヘリコプターの4つの交通手段が予定されている。また、行政区ごとに他市町村への避難先が決められており、さらにその移動ルートも決められている。一例を図5に示す。

PAZおよび準PAZで予防的に避難開始になる



図4 準PAZの避難方法



図5 原子力災害時における避難経路図の例

と、UPZでは屋内避難になる。大学は「施設敷地緊急事態」となり、講義等の取りやめとなるため、在学中および登下校中の学生を安全に帰宅させる。このような事態になった場合は、ある程度の期間の休校になることが想定される。また、交通手段等の関係上帰宅できない学生は、大学構内



図6 屋内退避の指示が出された時の注意点

- 1) 住所に応じて対応する避難先に移動
- 2) 自家用車使用の場合：指定された経路を移動。
 途中で**退域検査ポイント**を通過。
 退域検査ポイントでは自家用車の放射能レベルを計測。ヨウ素剤を配布。
- 3) 自家用車を使用できない場合：指定された一時集合場所から、県、市町が手配したバスに乗り込んで避難先に移動。
 一時集合場所でもヨウ素剤が配布される場合もある。

図7 避難をすることになった場合

に屋内退避となる。屋内退避や移動の際の注意点を図6に示す。

次に、図7に示すように原子力発電所から放射性物質が放出された場合には、空間線量のレベルによって急遽他の地域への避難か、1週間程度現在の場所に屋内避難を継続したのちに他の地域に一時避難をするか、の2つに分かれる。

避難の際の概念図を図8に示す。避難先は、自宅や、親元を離れた学生の場合にはアパート等の住所が石巻市の小学校の学区で区分されている。石巻市で育った場合には小学校区分はわかりやすいと思うが、大学入学後に石巻に来て生活をしている学生は、自分が生活している場所の小学校区分を確認しておく必要がある。また、避難先への移動は、基本的には自家用車の使用が想定されていて、避難先への移動ルートも指定されている。自家用車を所有していない場合には、図8に示すように、一時集合場所に移動して、県市町の手配するバスに乗り込んで、避難先に移動することになる。また、移動途中に、指定された退域検査ポイントに立ち寄る必要がある。そこで、汚染検査を



図 8 自家用車での避難の際、退域検査ポイントで受けるチェック

受け、付着がある場合には除染後に異常がなければ、避難所受付ステーションに移動となる。しかし、付着がなかったり、除染で異常がなくなる、

という状態は大変考えにくい。その場合にどうするのか、具体的な対応策は明らかになっていない。

特集 (教育部会の活動報告その 1 : 第 1 回教育セミナー)

日本化学会近畿支部・石川化学教育研究会 共催事業の紹介

横山 明彦 (金沢大学理工研究域)

【はじめに】

令和 4 年に初めて日本放射化学会の中に教育部会が立ち上がり、放射線教育の充実および会員の教育活動の活性化を目指すことになった。今後の活動計画の参考とするために、金沢大学の物質化学系の教員が関係する、日本化学会の近畿支部と石川化学教育研究会の一般向けの教育に関する活動について紹介する。

【日本化学会近畿支部 教育・普及事業化学教育サロン】

近畿支部は、化学教育に関連した最近の課題・話題について、会員間で情報や意見交換を行う**化学教育サロン** (大阪、石川地区、富山) の開催、化学のより一層の発展と日本の化学研究の後継者を育てることを目指し、中学生や高校生の個人並びにクラブ活動における化学に関連した興味深い実験や観察結果、研究成果等を発表する、**中学高校生徒化学研究発表会** (大阪、石川地区)、また「理科離れ」への対応として、化学を中心とした「かがく」に親しみを持ち、科学的な思考力を身に付けてもらうことを目的に、小学校 4, 5, 6 年と保護者のペアを対象に、化学 (科学) の実験教室、**子と親の楽しいかがく教室** (大阪) を開催している。

【石川化学教育研究会の設立と活動】

石川化学教育研究会は、石川県内の小・中・高の化学教育の啓発・振興を図る目的で、平成元年に小・中・高校および大学などで化学の教育に携わる教員、教育関係者と OB によって結成された。同研究会の最も大きい行事は近畿支部との共催の**中学高校生徒による化学研究発表会** (昭和 61 年から継続) で毎年 12 月に 1 日かけて実施している。また、先に述べた**化学教育サロン**も共催で実施しているが、こちらは毎年開催ではない。その他には高校生に大学の研究施設や企業の工場などの見

学をしてもらう**施設見学会** (写真参照) なども主催している。行事の経費は石川化学教育研究会の会費と近畿支部の補助などで賄っている。

参考に化学研究発表会の写真とプログラムを掲載した。主な参加者は、石川県内の中学生、高校生であるが、中学生は個人参加が多く、金沢大学ジュニアドクター育成塾 (地元の小中学生が金沢大学の教員に指導してもらい、自由研究等を行うプログラム) の生徒を含んでいる。高校生は専ら高校の理科クラブ、化学クラブのグループ研究である。クラブで長年引き継がれた環境モニタリングの成果発表もある。

発表会の実施運営の工夫として、生徒・クラブのモチベーションのために生徒表彰 (表彰状・記念品)、教員のモチベーションのために指導教員の表彰 (表彰状・記念品) を実施、これらは各高校でのクラブ活動の成果となる。また金沢市外の高校への旅費支給、化学会の協力による参加者への化学グッズ配布、金沢大学の教職課程履修学生に協力してもらい、発表への質問・コメントをしてもらっている。

令和 3 年度に開催された化学教育サロンは、WebEx を使用したオンラインミーティング形式で、講師は東北大学教授の檜田豪利先生による「入試問題を通じた高大間の情報交換—東北大の出題意図公表のねらい—」であった。

石川化学研究会の意義は、発表会のまとめの冊子の作成を通じて活動の記録を残し、中高校生の中に化学系志望者を増やすとともに、地元の中学・高校とのネットワークを維持・発展させて、高校と大学の間で進学者の情報交換をすることができることである。その他に大学の教職志望者への動機づけも期待している。詳しくは同研究会のホームページを参照されたい。(URL : <http://kohka.ch.t.kanazawa-u.ac.jp/ice/index.html>)



写真1. 令和4年度の生徒発表会の様子



写真2. 金沢大学理工学域で実施された施設見学会の様子（令和元年度）

第37回石川地区中学高校生徒化学研究発表会			
主 催: 日本化学会近畿支部, 石川化学教育研究会, 石川県高等学校文化連盟理科部			
後 援: 石川県教育委員会, 金沢市教育委員会, 石川県理科教育研究協議会, (公財)石川県文教会館, 石川県高等学校理化研究会, 石川県科学教育振興会, (公財)金沢子ども科学財団			
開催日: 令和4年(2022年)12月18日(日)			
会 場: 金沢大学自然科学本館AV講義室 (金沢市角間町, 北鉄バス「金沢大学自然研前」下車)			
プログラム			
(発表一件当たり10分以内, 質疑等3分以内)			
●閉会のあいさつ(9:30-9:35)			
第1部(9:35-10:05) PC接続時間 9:15-9:30 座長: 小林			
1	石けんの内容量による性質の変化 PART2	金沢市立兼六中学校	旭 穂乃果
2	アサリのマイクロプラスチック選別能力	金沢大学 ジュニアドクター育成塾 (金沢大学附属中学校)	藤久 莉緒
講評と表彰(10:05-10:20)			
第2部(10:30-12:10) PC接続時間 10:20-10:30 座長: 江頭			
3	せっけんに含まれる添加物の洗浄力への影響	金沢高等学校	池田 雅之, 浅井 華香, 横山 玲那, 大平 恒輝, 小林 謙司, 下野 晃輝
4	界面活性剤の起泡性と安定性について	小松高等学校	立花 海, 村中 嵩章
5	アドレナリン抽出実験の再現 (休憩) (PC接続)	金沢泉丘高等学校	國近 元都, 西村 愛香, 羽野 泰河
6	ラムスデン現象における膜の生成量を増加させるには	七尾高等学校	長田 夕苺, 松本 紗綾, 輪瀬 一馬, 杉浦 拓真
7	高温環境下における輪ゴムの劣化の抑制手段	七尾高等学校	竹口 幸哉, 花島 圭祐, 安達 直恭
8	飲料水によるアスコルビン酸酸化酵素の失活	七尾高等学校	向瀬 紗未, 廣澤 夢空, 福井 隆介, 濱田 幹太
昼食(12:10-13:00)			
第3部(13:00-14:25) PC接続時間 12:50-13:00 座長: 福岡			
9	象の歯磨き粉	遊学館高等学校	田口 沙耶夏, 高橋 勇虎, 京田 佑希乃
10	アルミニウムと塩による水素発生効率	金沢桜丘高等学校	東 理斗, 田爪 翔, 中居 洸太, 納口 颯汰, 増井 瑞希
11	ホッカイロの中で起こっている化学反応 (休憩) (PC接続)	金沢二水高等学校	花島 大樹, 阪田 葉月, 菊地 晃暁, 阿木 雄希
12	ダニエル電池の性能向上の研究	小松高等学校	石村 翔, 新宅 良太郎, 前野 稜
13	酸化チタン(TiO ₂)の光触媒による抗カビ作用	小松高等学校	吉光 結香, 金谷 寿里
総合講評と表彰(14:25-15:10)			
●閉会のあいさつ			
問い合わせ先: 金沢大学理工学域物質化学系内 石川化学教育研究会事務局 宇梶 裕 Tel: 076-264-5700 E-mail: uka@se.kanazawa-u.ac.jp			

図1. 第37回石川地区中学高校生徒化学研究発表会プログラム（令和4年度）

特集 (教育部会の活動報告その1: 第1回教育セミナー)

日本地球化学会における若手人材育成のための取り組みの紹介

角野 浩史 (一般社団法人日本地球化学会 理事・広報幹事)

1. はじめに

本稿では、一般社団法人日本地球化学会（以下、本学会）における若手人材育成の取り組みを紹介いたします。本学会は、地球化学の進歩・発展を図ることを目的に1953年に設立され、2017年に法人化しました。毎年秋に年会を開催しているほか、地球惑星科学分野で国内最大規模の、日本地球惑星科学連合の年次大会にも学協会として参加しています。またアメリカ地球化学会とヨーロッパ地球化学連合が毎年開催している、地球化学分野で世界最大規模の学会である Goldschmidt 国際会議も共催しており、2003年には倉敷で、2016年には横浜で国内開催を主催しました。会員数は2023年4月時点で860人程度です。学会誌として英文誌「Geochemical Journal」(GJ)を1966年から、和文誌「地球化学」を1967年から発刊しています。学会運営は代表理事(会長と副会長)と理事からなる理事会が担い、その下に会員からなる各種委員会が置かれています。ここで紹介する若手人材育成の取り組みは、年会などのイベントを企画する企画委員会と、広報を担う広報委員会、GJ編集委員会、各賞の選考委員会が主に担当しています。

2. 若手会員向けの取り組み

2-1. 表彰

本学会による会員向けの若手人材育成の取り組みは、表彰・助成と教育に大別でき、表彰制度として奨励賞、年会における発表賞、GJ学生論文賞があります。

奨励賞は、地球化学の進歩に寄与する優れた研究をなし、なお将来の発展を期待しうる会員に授与され、表彰式と受賞者による記念講演会が、年会中に行われます。従来は35歳以下であることが受賞要件でしたが、昨今のキャリアパスの多様化を受けて、現在は博士号取得から10年以内と

なっています。

また、年会で優秀な発表を行った学生会員に発表賞を授与しています。博士課程までの全学年を対象とした学生優秀賞と、修士課程までを対象とした学生奨励賞を設け、研究期間が短く選考で不利になりがちな学部生や修士1年生でも、努力に応じて受賞できるよう配慮しています。受賞者には表彰状と記念品が贈られるほか、次の年会でも受賞を目指してより研鑽を積み、よい発表をするよう奨励することを意図して、翌年の年会参加費を無料としています。

さらに近年、GJが学会主体の出版体制による完全オープンアクセス誌となったことを契機に、GJ学生論文賞を新たに設けました。この賞は、在学中または卒業・修了後1年以内に、優れた論文を筆頭著者としてGJで公表した学生会員あるいは、過去に学生会員であった方に授与されます。この賞と、2023年末までは学生会員による投稿論文の論文出版費を無料とすることにより、学生がいち早くその研究成果をオープンアクセスの英語論文として公表するモチベーションを上げられるよう、環境を整えています。

2-2. 助成

本学会では1995年から、学会に多大なる貢献をされた故・鳥居鉄也名誉会員が設立された鳥井基金により、若手会員を対象として、研究集会の開催や海外渡航に対する支援を行ってきました。2017年には鳥井会員のご遺志に賛同された井上源喜会員による支援を受け、名称を鳥井・井上基金とあらため現在に至っています。助成金額は1件10万円で、2022年までに95件が支給されています。

さらに2023年には、地球化学の研究者としてのキャリアを開始する若手会員への支援を目的として、若手スタートアップ奨励金を設立しました。助成対象は満35歳未満の、募集年の前年4月以

降に新たな環境で研究を開始した正会員です。また応募時点で科学研究費補助金や他の財団等の助成（内定含む）を受けていないことを要件とすることで、金額としては20万円と少額ながら、1人でも多くの若手会員がキャリア開始時に研究環境に困ることがないように配慮しています。

2-2. 教育

若手会員向けの啓発活動として、学生と若手研究者を主な対象としたショートコースを毎年開催しています。その目的は、地球化学の研究を進める上で必須となる基礎知識の包括的修得と、最先端研究に触れることによる視点の拡大により、将来の地球化学を担う若手研究者を育成することです。ポスドク・助教クラスの若手会員が運営委員となり、企画委員会の委員長（企画幹事）がサポートしています。参加費は会員であれば無料とし、非会員でも1000円と安価に設定しています。2019年までの対面開催では50名までの定員が毎年ほぼ埋まっており、コロナ禍のためオンライン開催とし定員を設けなかった2020年と2021年は、それぞれ84名と60名が参加しました。対面・オンラインを問わず、終了後には交流会を開催しています。プログラムは、運営委員自身が話を聴きたいと思う研究者や、前年までの参加者アンケートで話を聴きたいという声が多く寄せられた研究者による3～4件の最先端の研究紹介と、1～2件の特別企画からなります。特別企画は、海外在住の会員による留学経験・キャリアパス紹介や、伝わりやすい研究発表を考えるグループワーク、シニア研究者による英語・日本語論文の書き方講座など、分野にかかわらず若手にとって役に立つ内容となっており、例年好評を博しています。

また、2021年には中国鉱物岩石地球化学会と共同で、地球化学日中若手フォーラムをオンライン開催しました。中国在住の会員がコーディネーターとなり、両学会より若手6名ずつが研究成果を発表したほか、ジャーナルセッションとして地球化学関連の国際誌のエディターが、各誌の最近の動向を紹介しました。本学会はアジアで唯一Goldschmidt国際会議を開催した実績があり、アジアの地球化学を牽引する立場にあることから、アジアをはじめ世界各地で活躍できる若手人材を

育成するために、このような取り組みを今後も継続することを検討しています。

3. 講師派遣事業

広い意味での若手人材育成の取り組みとして、とくに未来の日本の科学を担う小中高校生に、地球化学の視点から理科の面白さを伝えるために、小中高校への講師派遣をサポートする事業を行っています。最先端の研究者である会員が初等中等教育の場に出向き、地球や惑星の謎を解く喜びや先端科学の現場の雰囲気伝えることで理科の面白さを積極的にアピールするとともに、学会と教育現場の交流を促進することを目的としているため、小中高校の先生の講習会や、博物館等で行われる講習会も派遣対象としています。

講師派遣は、まず学校や博物館の担当者が、本学会ウェブサイトの講師派遣のページで公開している情報をもとに、講演を依頼したい講師を選んで学会の広報委員会に連絡することから始まります。公開されている講師情報は、略歴、出張可能地域、連絡先のほか、提供可能な講義の内容や実験の有無、対象学年等であり、2021年からはリモート講演の可否も掲載しています。広報委員会は依頼があった講師に、講演の可否を問い合わせます。以降の派遣依頼元と講師の間での具体的な調整には学会は関与しませんが、講演終了後には講師から学会に報告することとしています。講師と学会への謝金は求めず、依頼元には交通費の負担のみをお願いしていますが、事情により学会が交通費を補助することもあります。

2023年7月現在、46名の会員が講師として登録されています。2009年に本事業を開始してから、現在までの派遣件数は116回で、依頼元の団体（学校・博物館等）の数は80となっています。図1に年度ごとの派遣件数を示します。2010年から2015年までは年間10件以上の依頼件数があったものの、2016年以降は減少傾向にあります。その理由としては、本事業を始めた頃は講師派遣（出前授業）がそれほど一般的ではなかったために、分野が広範囲にわたる多数の講師から選んで依頼できる本事業が、学校の講演会担当者に重宝されていたのに対し、昨今では大学も研究所もアウトリーチ活動を重視して出前授業を行って

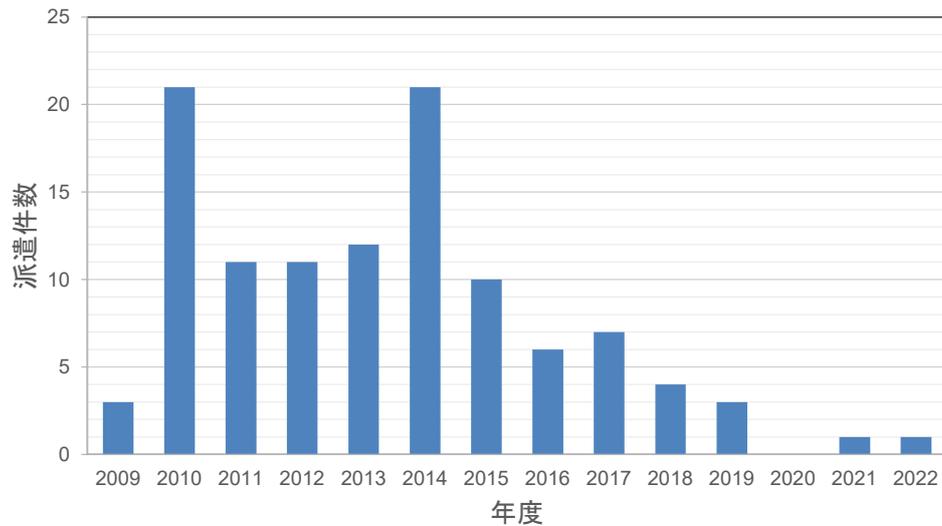


図1. 講師派遣事業の年度ごとの派遣件数

いるために、本事業の有用性が相対的に低くなっていることが考えられます。

4. おわりに

以上、日本地球化学会における若手人材育成の取り組みについて紹介しました。前項でも触れましたが、近年は大学や研究所等が業務としてアウトリーチ活動を行っており、一般の方もインターネットを介してその情報を容易に見つけられるようになっていきます。また会員もそれぞれの本務先

でアウトリーチ活動を要請され負担が増加していることから、会員のボランティア活動に立脚する学会が、一般向けの啓発活動を能動的に行う意義も余力もなくなってきていると思われます。ほとんどの学会で会員数が減少傾向にあることから、学会は会員の中でもとくに若手会員に直接資する活動に注力すべきであり、学会の将来を左右する活動として、若手人材の学会への取り込みと育成が今後ますます重要になると筆者は考えています。

特集 (教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー)

第2回教育セミナーの開催報告

薬袋 佳孝

(教育部会幹事 (セミナー担当)・武蔵大学リベラルアーツアンドサイエンス教育センター)

教育部会第2回教育セミナーは令和5年(2023年)3月8日(水)、高エネルギー加速器研究機構 KEK 小林ホール(つくば市)を会場に開催された。同ホールではこのセミナーの直前まで第24回「環境放射能」研究会が3月6日(月)から開催されており、環境分野にも関心が深い部会員には参加し易いスケジュール設定であった、しかし、COVID-19への対応が必要な状況下であり、第1回セミナーと同様に、対面でのオーラル発表をベースとしてのハイブリッド形式での開催となった。参加者は45名で、その内訳は現地参加18名、オンライン参加27名であった。

セミナープログラムを表1に示す。第1回セミナーに続いて「次世代育成」をテーマとしてプログラムを編成した。ただし、セミナー主題は「次世代育成と放射化学」として、放射化学固有の領域における次世代育成と共に、放射化学に関連した広領域での次世代育成を取り上げることとした。

・特別レクチャー

篠原厚部会長によるセミナーの趣旨説明に続いて、岡田往子先生(原子力委員、東京都市大学)による特別レクチャー「原子力科学分野の次世代育成と放射化学」で第2回セミナーはオープニングとなった。岡田先生は武蔵工大炉、立教炉、京大炉などの研究用原子炉を利用した放射化分析とその応用について豊富な研究体験をお持ちで、それを踏まえてのレクチャーであった。研究用原子炉や加速器の利用、特にアイソトープ製造や放射化分析では、放射化学の概念や技法が重要な役割を演じていることを、具体例を挙げながら分かり易く解説された。詳しくは、先生ご自身の執筆による「プロシーディングス」(本号掲載)を参照されたい。

なお、プロシーディングスには「原子力科学分野でのジェンダーバランス改善」についても、当日の講演には含まれていない内容も含めて、ある程度まとまった形で執筆いただいた。先生の原子力委員としての今日における活動の他、そこに至るまでの様々なご経験を踏まえての一章である。ジェンダーバランスの改善は最も今日的な社会的課題の一つであるが、教育/普及/研究活動に広く反映されることで、初めて未来に継承される。このため、若い世代を含む部会員/学会員諸兄姉に、一刻も早く、現在進行中のジェンダーバランス改善の動きをお伝え願いたく、ご無理を申し上げて玉稿に含んでいただいた。

・主題講演

2セッション合計4講演による主題講演がこれに続く。第1回セミナーでは「他学会等の教育人材育成活動」として原子力学会、地球化学会、日本化学会の活動を主題講演として取り上げたが、今回の第2回セミナーでは、学協会の活動に限定することなく、「次世代育成と放射化学」に関する様々な角度からの主題講演でセッションを構成した。いずれも、詳細はプロシーディングスを参照いただくこととして、ここでは順次その概略を報告する。

・セッション1 関連学会における教育人材育成活動の紹介

セッション1では、まず中島覚先生(広島大学)に「日本放射線安全管理学会における人材育成」について、背景を含めて分かり易く解説していただいた。

中島先生は第24回「環境放射能」研究会で前

日に別テーマで発表されており、同じ小林ホールでの連日の講演となった。先生は、メスバウアー分光法を用いての鉄錯体の研究などで放射化学における先導的な研究を展開されるとともに、学際性の高い放射線安全管理学をリードされて現在に至っている。

講演では、日本放射線安全管理学会の活動内容、会員構成、会員動向の概略を紹介された上で、次世代育成をどのように展開しているのかについて、具体的な解説を展開された。35歳ごろのキャリアパスが次世代育成で重要となるとのアンケート分析の結果など、興味深い内容であった。同学会の場合、大学等で放射線安全管理の現場に立つ中堅/若手も多く、その後のキャリアをどのように切り拓いて行くかについての関心が深いことを反映したものと思われる。

続いて、小野正博先生（京都大学）には「放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成」について、ライブ配信でのオンライン発表の形式で解説していただいた。

先生のご専門の放射性医薬品科学・核医学領域では、加速器や研究用原子炉によるラジオアイソトープ製造とその利用は基盤としての役割を果たしている。薬学・医学系の領域では最も放射化学の概念や手法が必要となる分野である。このため、薬学系人材育成に関係する全体としての薬学系教育システムについてのお話と、その中での放射化学の教育に集約してのお話の両方について、分かり易く説明していただいた。

先生ご自身のキャリアパスを踏まえての講演であったが、薬学系人材育成の結果としてご自身の現在を位置付けるなど、今後の人材育成を考える上で示唆に富んだ内容であった。

•セッション2 関連機関における教育人材育成活動の紹介

セッション2では、まず、植竹修士先生（日本アイソトープ協会）に「日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成」について発表していただいた。放射化学会の教育部会のセミナーということで、放射化学の教育や人材育成に関連するとみられる同協会の活動についても紹介していただ

いた。

測定器や微弱な密封小線源の貸与などの放射線教育についての実験教材のサポート、講習会や研究発表会の開催、書籍などの出版など、同協会の教育関連活動を整理した形で提示していただいた。今後、様々なレベルで協力が期待出来るように思う。

なお、次世代向けの事業として、「最前線のアイソトープ・放射線研究紹介-私が研究者になるまで-」が同協会webに公開中とのこと、キャリアパスにも触れられている場合もあり、放射化学会の若手にも参考となる情報であった。

続いて、平出哲也先生（日本原子力研究開発機構）に「自らの経験から思うこと」を表題に講演いただいた。都合によりライブ配信によるオンライン講義となったが、先生ご自身のキャリアパスをベースとしての熱のこもったお話であった。

先生ご自身は、日本放射線化学会や陽電子科学研究会をそれぞれ会長としても主導されて来られるなど、放射化学の関連分野にあって日本を代表する研究者である。また、ご所属の原子力研究開発機構は、放射化学を含む原子力科学研究の基盤分野の充実に、常に中核としての役割を果たして来た。若手メンバーに聴いていただいて、自らのキャリア構築に役立てていただければとの印象を強くした。聴講出来なかった方々には、まずは、先生ご執筆のプロシーディングスを一読いただければと願う次第である。

•まとめ

以上、特別レクチャー1件、主題講演2セッション4件、続いての総合討論をもって第2回教育セミナーは予定通り終了した。継続的な「教育セミナー」開催のために、教育部会に新たに設置されたセミナー実施委員会の下での初めてのセミナーであった。企画や運営についての反省点など、実施委員会では随時率直に意見を交換し、次回以降のセミナーに反映して行きたい。セミナーに参加いただいた方々、本記事などから教育セミナーに関心を持たれた方々など、ご意見やコメントなど是非とも実施委員会にお寄せいただきたい。実施委員会への参画の意志表明も歓迎である。次回以

降に取り上げて欲しいテーマなども含めて、若手からベテランに至る皆さんのメッセージをお待ちしている（照会先：薬袋佳孝 minai@cc.musashi.ac.jp または文末に記す実施委員会メンバー）。

• 謝辞

今回のセミナーは小林ホールの会場使用など KEK の皆さんの全面的なご協力があって、初めて開催することが出来た。改めて感謝の意を表する次第である。特に、別所光太郎先生、吉田剛先生には事前準備の段階から当日のネット環境や

AV 設備の利用に至るまで、全てに渡ってお世話いただいた。当日の昼まで開催されていた「環境放射能」研究会のお世話をされながらのことで、どのように感謝しても足りないというのが心底からの気持ちである。

- 教育部会セミナー実施委員会（令和5年8月1日現在、五十音順）
緒方良至、篠原 厚（部会長）、末木啓介、松尾基之（副部会長）、薬袋佳孝（セミナー担当幹事）、箕輪はるか、横山明彦、吉田 剛

表1. 第2回教育セミナープログラム

日本放射化学会教育部会第2回教育セミナー	
日時	令和5年3月8日（水）13:30～17:00
場所	高エネルギー加速器研究機構小林ホール、オンライン（ZOOM）
全体テーマ	次世代育成と放射化学
参加者	日本放射化学会会員、「環境放射能」研究会参加者、関係学協会会員など
参加費	無料
アクセス	参考サイト https://www.kek.jp/ja/access/tsukuba/
タイムテーブル	コンテンツ
13:30	開会にあたって 篠原厚（部会長、大阪青山大学）
13:35	特別レクチャー 60分（含質疑） 座長 篠原厚（大阪青山大学） 原子力科学分野の次世代育成と放射化学 岡田往子（原子力委員、東京都市大学）
14:40	セッション1 関連学会における教育人材育成活動の紹介 各30分（含質疑） 座長 松尾基之（東京大学）
15:10	日本放射線安全管理学会における人材育成 中島覚（広島大学） 放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成 小野正博（京都大学） オンライン
	休憩
15:45	セッション2 関連機関における教育人材育成活動の紹介 各30分（含質疑） 座長 横山明彦（金沢大学）
16:15	日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成 植竹修士（日本アイソトープ協会） 自らの経験から思うこと 平出哲也（日本原子力研究開発機構） オンライン
16:45	総合討論
17:00	閉会

特集 (教育部会の活動報告その 2 : 第 2 回教育セミナー)

原子力科学分野の次世代育成と放射化学 — 中性子放射化分析法の経験から・女性が原子力科学分野で生きていくには —

岡田 往子 (原子力委員)

私の経験した機器中性子放射化分析は放射化学の一部ではあるが、生成する核種データ (天然存在率、核反応、反応断面積、半減期、ガンマ線エネルギーなど) を学ぶことができる。また、高純度材料中の微量な不純物を照射後に化学分離操作を用いて分離する放射化学中性子放射化分析では、放射化学的な知識が重要となる。今後の廃炉デブリの処理と医療用ラジオアイソトープの国産化は放射化学の知識をもった男女を問わない人材が要求される。

2021 年 6 月から 10 月に OECD/NEA 加盟国でジェンダーバランスアンケート調査を実施した。96 組織 / 17 カ国から提出された 6 項目のデータシートで、日本は原子力分野の女性の占める割合は 17 国平均 24.9% に対して、日本は 15.4% と最下位であった。他の項目も他の加盟国と比較して、低い値となった。放射化学分野の人材育成を強化して行く上でも、女性が働く周辺の理解と環境を整えてもらいたい。

要旨 (英文)

Future treatment of decommissioned debris and domestic production of radioisotopes for medical use will require to employ professionals with knowledge on radiochemistry under gender equality policy. We hope that the social environment, where women can make full use of their abilities, will be created in the future.

キーワード：放射化学、医療用等アイソトープ製造、国産化、放射化分析、ジェンダーバランス改善

1. 放射化学とは

放射化学とは放射性元素を扱う化学であり、天然放射性元素の存在状態、人工放射性元素の製法、

放射性元素相互の分離、分離精製された元素の核物理的核化学的性質、放射性物質の取り扱い技術、トレーサーとしての応用などが含まれる。核化学とは密接な関係にある。放射線化学とは混同されやすいが、放射線化学は通常 (非放射性) 物質に対する放射線の化学作用を研究する分野であって、両者は明確に区別すべきものである¹⁾。

また、今日では新元素の科学、宇宙科学、ミュオン科学、加速器・量子ビーム利用、福島関連科学、新しい核プローブ・分析手法、そして最近急増している医学応用、更に放射線、放射性同位体 (ラジオアイソトープ) や核燃料物質 (核燃) の関連する安全規制や核鑑識関連も放射化学が絡んで重要分野となっている²⁾。

本論文では、著者が経験から学んだ放射化学に関して記述する。

1.1 原子力分野で特に取り上げている放射化学の必要性

原子力利用にはエネルギー分野と非エネルギー分野があり、エネルギー分野とは、核エネルギーを熱や電気として利用する分野で原子力発電に代表される。非エネルギー分野とは、工学、農学、医学等で放射線を利用する分野で、殺菌や放射性医薬品の製造、分析等を言う。

福島第一原子力発電所事故の廃炉デブリの処理や医療用ラジオアイソトープの国産化の動きでも、それを支える放射化学を学んだ人材育成が重要になる。

本論文では医療用ラジオアイソトープ製造について述べる。

1.2 医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプランと放射化学

2022 年 5 月 31 日に原子力委員会が医療用等ラ

ジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン³⁾を公表した。ラジオアイソトープは医療分野や工業・農業分野等に広く利用されている。特に医療分野では診断や治療の普及を通じ、国民の福祉向上に貢献することが重要され、諸外国では医療用アイソトープの製造や利用のための研究を国策として強化する動きがある。我が国としてもがん医療の向上とラジオアイソトープの国産化、国内自給を含む医療提供体制整備が求められている。日本は1996年に「海外からの輸入可能な中長寿命ラジオアイソトープは製造中止」「安定、大量需要の工業用ラジオアイソトープ宣言は民間移転」という政策により、国内製造は大量需要のあった⁶⁰Co, ¹⁹²In, ¹⁹⁸Auに限定された。そのため、医療用アイソトープの多くを輸入に依存している。

また、核医学画像検査はPET検査とSPECT検査に大別されるが、PET検査に用いるラジオアイソトープは主に国内の医療機関が加速器を整備し院内製造を行っているが、SPECT検査に最も多く用いられる^{99m}Tcは輸入に依存している。しかし、医療用アイソトープの需要は1997年から2017年までの20年間で約4.5倍に増加している。海外への依存が高いことは、世界情勢や今後の研究用原子炉のトラブルや老朽化などの影響を受けるリスクが高い。ラジオアイソトープの製造には研究用原子炉や加速器の整備、医療現場の整備、基礎研究、法整備、運搬輸送の整備など課題が数多くある。さらに、それらを支える人材育成もその一つで、研究人材、医療現場の人材が必要で、放射化学はそこを支える学問分野として重要な位置を占める。

2. 中性子放射化分析から学ぶ放射化学—私の経験から—

著者が中性子放射化分析で使用した研究用原子炉は武蔵工大炉、立教大原子炉、JRR-3, JRR-4, JMTR, 京大炉である。武蔵工大炉は出力100kWのTRIGA-II研究用原子炉は中性子放射化分析では利用し易い炉であった。中性子放射化分析の特徴は、一般的に取り扱う試料量が少ないこと(数mg～数100mg)、放射能測定により微量・極微量の測定が可能なこと、固体の状態での分析が可能であること、多元素を同時に分析可能である

こと、放射能測定で化学的干渉がないので真度が高いことなどがあげられる。欠点としては、 γ 線を放出する核種に起因する元素しか分析ができないこと、軽元素の分析ができないこと、統計的変動を伴う壊変現象のため精度が悪いことなどがあげられる。分析感度は元素により異なるがV, Mn, Ag, In, Cs, Hf, Au, Ir, 希土類などは $10^{-12} \sim 10^{-10}$ gのオーダーで分析可能であり、そのほかにも50以上の元素が分析可能である。照射試料は、照射場所にもよるが、一般的に高純度のポリエチレン袋に二重封入し、専用のカプセルに入れて照射する。ポリエチレン袋は洗浄したものを使用するようにし、照射前の試料作製作業中は周辺からや器具からの汚染に注意する。照射後は外側のポリエチレン袋を新しいものに交換して、測定を行う。

中性子放射化分析の特徴として、化学分析との違いを挙げることもある。一般的な化学元素分析では試料を溶解や分離、濃縮などで試薬を使い、煩雑な操作が入る。そのために試薬や操作中の元素の混入の可能性がある。しかし、中性子放射化分析の場合は、試料を秤量してポリエチレン袋に封入する作業に注意を払えば不純物を気にする必要はない。しかし、照射後の試料は非密封放射性物質のため、放射線管理区域内で放射化学の知識が必要になる。

2.1 機器放射化分析法 (INAA) は試料成分の放射化学的情報を前もって得ること

私がINAAを実践するときのバイブルとして使っていた教科書は放射化分析による環境調査—微量・多元素・同時分析の手法⁴⁾、放射化分析の実際⁵⁾、放射化分析⁶⁾などである。初心者には理解しやすく、とても使いやすかった。

INAAは多元素同時分析が可能という特徴があるが、試料に存在するマトリックス元素が照射後にマトリックス核種と分析目的核種が同一試料内に存在することになる。実際にはそれらの核種の半減期の違いによって多元素を分析する。半減期の違いにより、冷却時間(照射から測定までの時間経過)を変えて分析する。そのため、マトリックス元素や分析目的元素の核種(同位体)、天然存在比、核反応の種類、生成核種、半減期、ガンマ線エネルギー(keV)、熱中性子断面積(barn)、

共鳴積分 (barn)、速中性子断面積 (barn)⁷⁾ を前もって調べる必要がある。その上で、INAA が可能かを判断する。分析可能かどうかは生成放射能の計算が必須である。主要及び含有している元素の中で熱中性子断面積の大きな元素を中心に放射能計算をし、それぞれの半減期の長さで放射能の減衰を計算で予測する。さらに、測定を妨害する核種と目的核種の半減期で判断していくことになる。それらの情報から、照射条件 (試料量、照射場所、照射時間など) や測定条件 (冷却時間、測定時間など) を決めていく。INAA の場合、便宜的に短寿命核種を半減期は数十秒から数時間のもの、中寿命核種を数時間から数日の半減期のもの、長寿命核種を数十日以上のものに分類している。一般的な短寿命核種の測定では短時間の照射をして、長寿命核種からの放射能生成を抑え、冷却時間を短く取って、 γ 線測定を行う。ただし、これも試料の元素組成に大きく左右されるので注意が必要である。比較的半減期の長い中寿命核種を測定する場合は長めの照射を行い、短寿命核種の減衰後、測定をする。さらに、半減期の長い長寿命核種は、短寿命核種、中寿命核種の減衰を待って、長い測定をする。このような組み合わせによって、多元素同時分析を行う。この方法は一般的な場合で、試料の組成によっては、測定時期は変化させなければならない。

照射には研究用原子炉を使うが、その特徴である熱中性子断面積 (barn)、共鳴積分 (barn)、速中性子断面積 (barn) を前もって調べる必要がある。使用する原子炉と照射に使用する位置 (照射場) によって、中性子束密度が変わる。一般に INAA は熱中性子を使用した (n, γ) 反応を利用するが多い。熱中性子以外の反応 (n, α) 反応などを利用する場合はカドミウムカバーやポロンカバーを使用する場合があるが、この場合は照射場所も限られているので注意が必要である。

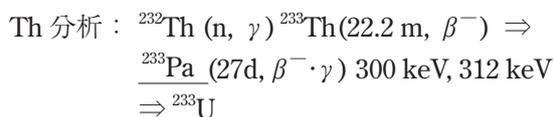
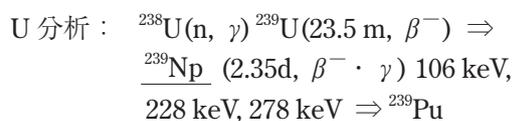
しかし、新たな試料の分析をしたいことが多い、その場合は前述の教科書⁴⁻⁶⁾ の応用編で分析したい試料に近い組成の照射条件を調べて判断するのが良い。放射化分析ハンドブック⁸⁾ は、比較的新しく出版された教科書で多種の試料の分析例を示している。

INAA は多元素分析により、多元素の情報が得

られるが、目的の分析元素が限られている場合がある。例えば、1980 年代に半導体材料や周辺材料中のウラン及びトリウム含有量がメモリに影響することが問題になり、高純度化とともに分析技術の開発が求められた。当初は、ウラン及びトリウム含有量が半導体材料中に ng/g レベルだったため、INAA で十分定量値を示すことができた。INAA は原子炉やラジオアイソトープを使用するために放射線業務従事者登録に伴う電離健康診断や教育訓練が必要となる。また、原子炉施設の利用には煩雑な手続きなどが必要になるが、しかし、高純度材料の分析過程において、不純物の混入が少ないことが利点としてあげられた。ICP-MS は分析者のラボに置くことができるという大きな利点がある。しかし、当時は ICP-MS の分析法がまだ確立していなかったことで、中 INAA とのクロスチェックも必要になった。さらに、その後、メモリの増大に伴い、より低レベルの pg/g オーダーの分析が要求された。次の段階として照射後、ウラン及びトリウムの目的核種をマトリックス核種から分離する放射化学中性子放射化分析法 (RNAA) を用いた。

2.2 放射化学中性子放射化分析

放射化学中性子放射化分析 (RNAA) は、試料照射後にマトリックス元素から生成したマトリックス核種から、化学分離操作でウラン及びトリウムの生成核種である ^{239}Np と ^{233}Pa を分離する。そのため、被曝や放射能汚染を十分に注意して作業を進めなければならない。核反応は以下である。



U 分析の場合の分析対象核種は ^{239}Np で半減期が 2.35 日と比較的短い。Th 分析の場合の分析対象核種は ^{233}Pa で半減期が 27 日と長い。INAA では、照射後、1 週間程度冷却をして、バックグラウンドを形成する ^{28}Al や ^{24}Na を減衰させ、 ^{239}Np のガンマ線ピークの 106keV, 228keV, 278keV

を測定する。その後、2週間程度冷却をして²³³Paのガンマ線ピークの300 keV, 312 keVを測定する。しかし、RNAAでは、バックグラウンドを形成する他の放射性核種を除去するため、²³⁹Npと²³³Paを同時に測定が可能になる。

RNAAを行うには、コールドで予備実験を行い、十分に訓練することが大切である。放射能汚染を防ぐためのフード内の養生、被曝を防ぐために遮蔽の設置、足元の養生が必要である。また、器具・薬品、手袋なども手の届くところに準備する。また、放射線測定器を近くに置くことも必要である。さらに、作業は複数人で行う。

大まかな分離操作の過程は、溶解・分離（イオン交換法・共沈法）・捕集（フッ化ランタン共沈法）^{9,10}などで行う。フッ化ランタン法を用い、²³⁹Npと²³³Paをフィルター上に捕集して、それをケースに入れ測定を行った。初期は小さなテフロン容器に溶解液を捕集し、蒸発乾固していた。しかし、テフロン容器に²³³Paが吸着することがわかり、繰り返し使えないことが判明した。このように、繰り返し使用する器具については、放射性物質の付着の恐れがあるので、測定で確かめることが必要である。

高純度二酸化ケイ素中のウラン及びトリウムの分析では、マトリックス元素のケイ素は同位体が²⁸Si（天然存在率 92.2%）、²⁹Si（天然存在率 4.70%）、³⁰Si（天然存在率 3.09%）で、熱中性子断面積が高くなく、速中性子断面積も若干ある程度で、半減期も数分から数時間である⁷。RNAA分離作業中の被ばくが少ないことから、JAEAのJMTR（材料試験炉）で100時間の照射を行った。100時間の照射によって、二重中性子捕獲反応¹¹が起こっていることもわかった。これもRNAAを用いて低いレベルの分析が可能になった。

RNAAを用いることで、二酸化ケイ素¹⁰でサブpg/gオーダー、アルミニウム⁹でサブpg/gオーダー、銅で数100 pg/gオーダー、ニオブで数10 pg/gオーダー、白金で数100 pg/gオーダー、タングステンで数10 pg/gオーダー、チタンで数10 pg/gオーダーのウラン及びトリウムの定量が可能になった。

放射化学のごく一部の経験ではあるが、これか

ら、放射化学を志す人達のヒントになれば幸いである。まずは、基本的な放射線業務従事者の教育訓練から、勉強してほしい。

3. 原子力科学分野のジェンダーバランス改善

著者が理系を選んだ理由は、子供のころから、一人で虫を探し、魚を育て観察するのが好きだったことや不思議なことにのめり込む性格だったことが要因かもしれない。これは、多くの人たちが経験していることだと思う。しかし、これまで理工系を続けられた理由とは聞かれたら、一番は正義の味方に憧れたことだった。悪いものを撃退したい。小中学校のころ、公害が大きな問題となっていた。子供心に、なぜ身体に悪い物質が流されてしまったのか、毒であるかどうかなどすぐにわかるだろう、大人たちは何をやっているのかという単純な疑問が湧いた。それはその後も社会や企業の仕組みを含め大人たちへの疑問につながった。

著者自身は、日本大学農獣医学部水産学科（現：生物資源学部海洋生物学科）で、女性の指導教員の下で、大学2年生からウナギの魚病の研究をさせてもらうが、化学の知識が足りないことを知り、卒業研究としては生物化学研究室の配属を希望して、アサクサノリのうまみ成分¹²の研究をした。その後、大学院進学を目指す指導教員に「女の命は短い」「お嬢様実験で研究はできない」などと一喝される。指導教員に勧められて、東京工業大学の薬学系研究室の研究員になり、漢方薬に含まれる抗突然変異物質の研究¹³に携わる。そして、武蔵工業大学原子力研究所（現：東京都市大学理工学部原子力研究所）に就職をした。そこで、中性子放射化分析（INAA）と出会った。生物・化学・物理と広い分野に携わったと感じるが、そうではない。人は誰もが24時間しか持っていないのだから、広く浅くということである。しかし、今や研究者のほとんどが他分野を学びながら研究を進めているのが現状であると思う。著者の専門分野は放射化学と称しているが、その中でも狭い領域の中性子放射化分析である。原子力研究所に就職して、研究用原子炉の身近で放射線を扱い、放射線管理をしながら、研究を行った。それが、原子力分野に足を踏み入れるきっかけとなった。そこには男性優位の世界があった。女性がなぜ、希望

の職種に着けないのか、希望さえもしないのかなどを考え、私は放射線知識普及活動と理系を目指す女性の応援活動を始めた。そして、原子力分野の女性を増やす活動を行っていた。以下、原子力委員に就任してからの活動を紹介する。

3.1 OECD/NEAの調査結果¹⁴⁾

OECD/NEA (Nuclear Energy Agency) では、2019年よりジェンダーバランス・タスクグループを設立して、国際的なSTEM (科学、技術・工学・数学) 分野でのジェンダーバランス改善について取り組んでいる。その一環として2021年6月から10月に加盟国でアンケート調査を実施した。アンケート調査は、原子力分野の機関対象とした(定量的アンケート)と個人向けのもの(定性的アンケート)から構成されており、2023年3月に集計結果が公表された。

定量データではNEA加盟国の96組織/17カ国から提出された6項目のデータシートを分析した。6項目は女性比率(STEM/non-STEM、専門職/事務職、職位)、新規雇用、従業員離職率、人材育成、昇進、賃金で、それぞれ従業員全体に対する女性の割合を算出した。その結果から、原子力分野の女性の占める割合は17国平均24.9%に対して、日本は15.4%と最下位であった。新規雇用の割合は17カ国平均が28.8%に対し、日本は若干低めの27.0%であり、ジェンダーバランスの今後の改善が期待できる。離職率では17カ国平均が23.9%に対し日本は16.4%であり、よい傾向であると判断できる。人材育成関連の女性参加率は17カ国の平均が26.0%であるのに対し、15.5%と低く、女性の人材育成の機会を増やすような環境の改善が必要になる。昇進関連の女性比率は17カ国平均が27.1%に対し、日本は14.0%と低く、今後男女間格差をなくす人事評価の努力が必要である。賃金では男性に比べ、17カ国平均が-5.2%に対し、日本は-26.4%と非常に男女間の格差があることが分かった。賃金に関しては昇格、職種、職位などが改善されなければならない。定量的データでは、原子力分野のSTEM/non-STEM、専門職/事務職が含まれている。原子力分野のSTEM出身の女性の比率は参加国の全体でみると20.6%で、STEM出身の上級管理職

は18.3%である。

この結果を踏まえOECD/NEA加盟国では、STEMの女性たちのジェンダーバランス改善に向けて動き出している。OECD/NEAでは、2023年6月にジェンダーバランス改善の勧告¹⁵⁾が発表された。日本はOECD/NEA加盟国の中でも、ジェンダーバランス改善が特に遅れている。

原子力委員会では、「原子力利用の基本的な考え方」¹⁶⁾の見直しを行い、原子力利用の基盤となる人材育成強化の基本目標の中に、「人材育成においては多様性も意識し、若い世代での女性の比率を高めたり、人材の文理融合を強化したりすることで、研究開発機関や原子力関係事業者内に多角的な視点を取り入れ、研究開発・イノベーションに適した環境を醸成し、原子力利用のための基盤強化を推進する。」と書かれている。原子力分野の技術にイノベーションを起こすためにも、早急な取り組みが必要である。

OECD/NEAでは人的及び組織的要因、ジェンダーバランス、公的なコミュニケーション、安全文化、利害関係者の参加などを挙げ、原子力安全には人的な側面が大きいと述べている¹⁷⁾。ここで、ジェンダーバランスの改善はなぜ必要なのかを改めて考えてみる。原子力分野は総合科学技術である。科学技術には優秀な人材を必要とする一方、原子力安全は過去の経験から人間の行動が大きく関わっていることが明らかである。この安全文化の醸成は、多様な人材が関わることで、より深くなると考えている。そのためには、多様な人材として、女性の能力を必要としている。

日本では理工系学協会が呼びかけて、設立した男女共同参画学協会連絡会¹⁸⁾が2002年から活動をして、STEM分野の科学・技術・工学・数学分野における女性研究者の比率向上のため、活動を行い、5年ごとの大規模アンケート調査やその結果から、内閣府男女共同参画局への提言・要望活動を行っている。

世界で初となる人工雪の製作に成功した中谷宇吉郎は、1950年の随筆「未来の足音」¹⁹⁾のなかで、「原子力の解放が、人類の文化の滅亡を来すか、地上に天国を築くか、それは目の前に迫った問題である。そして、それを決定するのは科学ではなく、人間性である。人類の総数の半ばを占め、

その上子供を味方にもっている婦人たちが、この問題について割り当てられた任務は、かなり重いと書いていいだろう」と書いている。この言葉は今や原子力分野だけのものではない。人類の半数の女性は責任を果たさなければならない。責任を果たすためには、平等に学び、社会への貢献、平等な評価を受ける環境が必要である。日本の女性は平等な学びの機会は与えられている。しかし、社会では、十分に平等の環境が整っていない。日本のジェンダーバランスの遅れは、社会全体の問題である。今働いている女性の環境を改善していくこと、上位職へ積極的な女性の登用、無意識なバイアス²⁰⁾を一人一人なくす努力、さらに次世代への働きかけなど課題は山積している。

原子力産業は総合科学技術が集まり、広い分野である。そこがジェンダーバランスの改善に旗を振れば、社会全体に大きな進展が生まれる。原子力委員として、そのきっかけを作りたい。そのためにも、原子力利用分野にとって重要な放射化学分野の方々に、女性の能力の発揮できる環境を整えていってもらいたい。

引用文献

- 1) 森北出版「化学辞典 第2版」.
- 2) 篠原 厚、放射化学とは 現状と課題、そして未来へ」、2020年3月24日 原子力委員会定例会、資料第1号.
- 3) 日本原子力委員会、医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン、kettei220531_2.pdf (aec.go.jp).
- 4) 日本アイソトープ協会編、放射化分析による環境調査—微量・多元素・同時分析の手法.
- 5) 橋本芳一、放射化分析の実際. 講談社サイエンティフィク
- 6) 日下譲、放射化分析. 共立全書
- 7) 日本アイソトープ協会編, アイソトープ手帳 (12版).
- 8) 伊藤泰男・海老原充・松尾基之監修、放射化分析ハンドブック - 確度の高い多元素同時微量分析への実践. 日本アイソトープ協会.
- 9) 岡田往子、平井昭司、分析化学、42(4)、249-254 (1995).
- 10) 岡田往子、平井昭司、分析化学、40(10)、549-555 (1991).
- 11) 岡田往子、平井昭司、三頭聡明、分析化学、42(11)、449-785 (1993).
- 12) K. Nisizawa, Y. Okada, K. Kubo, H. Anzai, The Japanese Journal of Phycology SORUI, 22(4), 205-210, (1980).
- 13) K. Kakinuma, Y. Okada, N. Ikekawa, T. Kada, , Agric.Biol.Chem. 48(6), 1647-1648. (1984) ,
- 14) **Human Aspects of Nuclear Safety 2023 Gender Balance in the Nuclear Sector**
https://www.oecd-nea.org/jcms/c_12884/human-aspects-of-nuclear-safety
- 15) **Recommendation of the Council on OECD Legal Instruments Improving the Gender Balance in the Nuclear Sector**
<https://legalinstruments.oecd.org/api/print?ids=708&lang=en>
- 16) 原子力委員会、原子力利用の基本的な考え方、<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei230220.pdf>
- 17) **Human Aspects of Nuclear Safety**
https://www.oecd-nea.org/jcms/c_12884/human-aspects-of-nuclear-safety
- 18) 男女共同参画学協会連絡会 (djrenrakukai.org)
- 19) 中谷宇吉郎、随筆；未来の足音.
- 20) 無意識のバイアスコーナー - 男女共同参画学協会連絡会 (djrenrakukai.org)

特集 (教育部会の活動報告その 2 : 第 2 回教育セミナー)

日本放射線安全管理学会における人材育成

中島 覚 (広島大学自然科学研究支援開発センター)

1. 日本放射線安全管理学会の紹介

日本放射線安全管理学会 (以下、JRSM) 設立趣意書には次のことが書かれている。放射線や RI の利用は広範囲の学術分野に及んでいることから、放射線安全管理に係わる研究成果は、各々の専門領域に立脚して設立された学会で分散して発表されて来た。これまで放射線安全管理の現場で遭遇する実務に直結した学術的課題を、横断的に議論する共通の場が必ずしも備わっていなかった。分散している研究者が一同に会し、研究成果発表や情報交換が出来る場を提供することによって、この分野の一層の活性化を図り、放射線安全管理実務の学術的基礎を考究する放射線安全管理学を確立する、と書かれている。

放射線の利用は物理系、化学系、生物系、工学系、医療系と幅広く、その管理を行うスタッフも元々の専門は多様である。したがって、JRSM の会員の専門も様々であり、日本放射化学会会員も多い。JRSM 理事の中で放射化学会会員は、吉村先生 (大阪大学)、矢永先生 (静岡大学)、松垣先生 (東京大学)、中島 (広島大学) となっている。

JRSM の活動は、理事会のもと常設の委員会 (企画委員会、編集委員会、広報委員会) が中心になって行っている。さらにアドホック的にその都度委員会を作り活動している。現在動いているアドホック委員会は、教育訓練検討委員会と医療用サイクロトロン廃止に関するアドホック委員会である。主な活動は 12 月の学術大会、6 月のシンポジウムである。規制庁のパブリックコメントに対する会員の意見をまとめて提出をするのも重要な活動である。

JRSM は、平成 28 年度に一般社団法人化された。これにより事業を請け負うことができるようになった。そして、放射線防護研究分野における課題解決型ネットワーク型統合プラットフォームの形成事業 (以下、アンブレラ事業) (平成 29 年

度～令和 3 年度) から事業を請け負うことができた。この事業を通して、活動が広がるとともに他の放射線防護関係学会との横の連携が進んだ。

2. アンブレラ事業で行ったアンケートから

アンブレラ事業の目的は、放射線防護に関する課題が生じた際に、直ちに適切な関係者が集まり、効率的に合意形成に向けた検討を行うことである。具体的な活動としては、放射線安全規制研究の重点テーマに関する新たな提案、専門家と行政のオープンディスカッション、若手人材の確保・育成、Webinar や提言を行った。

2015 年、米国放射線防護審議会 (NCRP) が放射線防護人材の不足に関するステートメントを行った¹⁾。これを受けてアンブレラ事業でも 2018 年に共同調査を行った^{2,3)}。伝統ある放射線防護関連学会の会員数は減少傾向にあるが、JRSM の会員の推移は、350 名から 400 名の間を推移しておりほぼ一定である。JRSM は学会設立時に比べて 30 歳以下の層は微増傾向にある。これは、学術大会参加のため入会する学生さんが一定数いるためであり、会員の先生方のご努力による。しかしながら、高齢化の傾向があることも分かった。

共同調査結果から次のことが考察されている。学生会員にはアカデミックポストに就職するという強い希望があるわけではなく、学生のニーズに合ったキャリア支援が必要であると考えられた。また、35 歳程度のキャリアパスに関する情報提供を求める声があった。若手育成というとしても大学院生から助教へのキャリアパスを考えがちだが、私自身を考えても 35 歳程度でのキャリアパスを考えることは有用である。

50 歳以上で博士号を持ち、第一種放射線取扱主任者を持たない人材が、放射線研究分野以外から多数転入していることが推測された。大学教授の定年退職後、研究業績が高い放射線以外の研究

分野の人材が新任教授となるケースがあるようである。

放射線防護・放射線安全管理学の専門人材で、40歳代の減少がみられた。博士号取得に何らかの関係があるかは不明であるが、この時期のキャリアアップに博士号の取得は重要な意味があるようである。この分野の博士号取得をしやすい環境やアカデミアによるキャリアアップ支援が重要となる。

3. 日本保健物理学会との連携

JRSMでは日本保健物理学会と合同で学術大会を開催することがある。最初は当時の学会長間で話し合い、2017年に第1回合同大会が大分で開催された。規模が大きく、活力を感じ、刺激を受けた。2019年に第2回合同大会が仙台で開催された。保健物理学会ではその前日に国際会議を開催し、国際交流の重要性、IAEAやICRPの動向を知る必要性を感じた。

その後、日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会連携協力WGを設けて検討し、2年に一度程度の頻度で合同大会を開催することを決めた。2021年に第3回合同大会を金沢大等が中心になり、コロナ禍、オンラインで開催した。2022年に第4回合同大会を福岡で対面とオンラインのハイブリッドで開催した。

保健物理学会のエックス線被ばく事故検討WGにJRSMからもメンバーを出し、活動に貢献した。JRSMは放射線施設の現場での安全管理に集中しがちであるが、保健物理学会との連携でもっと広い視点に立って放射線安全管理に貢献する人材育成に繋がりたいと考える。

4. 日本放射線安全管理学会における人材育成

我々の世代は、ある日突然、放射線安全管理に携わるようになった例が多いように思う。当時は、放射線防護人材を養成する確固たる仕組みはなかった。放射線安全管理は自分で勉強し、現場で覚えるしかなかった。もちろん、日本放射線安全管理学会、日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会、大学等放射線施設協議会、アイソトープ総合センター長会議で横の連携を取って勉強できた。現在では、診療放射線技師養成課程を有する

大学の研究室では放射線防護分野に人材を出す仕組みがある。

学術大会では優秀プレゼンテーション賞、ポスター賞を設け、会員の励みとしている。JRSMの邦文誌、英文誌中の論文の中から、論文賞（最優秀論文賞、技術賞、研究奨励賞）を選出して会員の励みとしている。さらに若手会員の申請により研究支援金の贈呈（10万円）を行っている。10万円という金額は多くないが、支援金の獲得は本務の組織における評価につながることを祈念している。この支援を継続的に行うために、会費を集める際に、合わせて寄付金を募集している。

JRSM内で活動を行いながら人材育成する側面がある。まずは各種委員会で活動していただき、理事会メンバーになっていただくようなルートになっている。また、理事は本人の意思により立候補できるシステムになっており、やる気のある会員にはできるだけ活躍いただけるようにしている。

先にも書いたが、35歳程度でのキャリアパスは重要である。日本放射線安全管理学会誌に、特集記事「おしえてポスト-放射線安全管理ポスト取得後のキャリアパス-」を組んで、理事、顧問、監事の思いを掲載した⁴⁾。さらにこの特集を受けて、放射線安全管理に係わる大学関係若手のキャリアパスに関する座談会を開催した⁵⁾。メンバーは、教員3（准教授1、助教2）、技術員2とした。男女比（男性4、女性1）にも配慮した。ここでは、自己紹介・所属施設の紹介、放射線管理に携わるようになった経緯、自身の放射線管理に関して問題になっていること、自身の研究について、今後のキャリアパスについて考えていること（教えてボスの記事も参考に）、他の人に聞きたいこと、その他、キャリアパスに関することならなんでも議論いただいた。私が興味を持ったのは次の点である。教員2名は管理業務を合理的にやって自身の研究に集中したい、もう1名は安全管理学を極めたいとのことであった。JRSMがこのような方の本務先でのプロモーションにどのように貢献できるかが我々の課題でもある。技術員2名は、ボスから自由にやりなさいと言われて頑張っているが工夫しながら業務を進めたり、独自の教育コンテンツの開発に努めたりしている。子供を育てながらの業務遂行も話題に上がった。

日本学術会議提言「大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化について」（平成29年6月）を受けて非密封RI施設の集約化が行われている。それにより放射線取扱主任者や安全管理担当者が減少している。しかしながら、篠原先生や吉村先生の短寿命アルファ線放出核種の合理的な安全規制に関する放射線安全規制研究を受けて新たな放射線安全管理へ対応できる人材育成も我々の課題である。

5. まとめ

日本放射線安全管理学会を紹介した後、放射線防護関連学会の会員に関する実態調査の結果を紹介し問題点などをコメントした。そして日本保健物理学会との連携や日本放射線安全管理学会における人材育成について説明した。学生から安全管理ポストへのキャリアパスだけでなく、安全管理

ポストに就いた人のポストアップを含むキャリアパスが重要であることについてコメントを行った。そのためにはJRSMでの活動が本務で評価されるようにする方策も必要であろう。

参考文献

- 1) NCRP Statement No. 12, December 17, 2015.
- 2) 神田、赤羽、甲斐、児玉、小林、酒井、富永、中島、細井、松田、杉浦、百瀬、吉澤、放射線生物研究、54, 104-113 (2019).
- 3) 神田、飯本、甲斐、児玉、小林、酒井、富永、中島、細井、松田、杉浦、百瀬、吉澤、ATOMOS、62, 735-740 (2020).
- 4) 中島、松田、保田、日本放射線安全管理学会誌、20, 61-66 (2021).
- 5) 岩崎、永田、阿保、近藤、山内、日本放射線安全管理学会誌、21, 10-16 (2022).

特集 (教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー)

放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材育成

小野 正博 (京都大学大学院薬学研究科)

本稿では、現在2023年時点での放射性薬品科学・核医学分野における薬学系人材の育成について、浅学非才の身ながら著者の見識のもとで整理したい。著者自身、「放射化学」との出会いをはっきりと記憶しているのは、大学2年あるいは3年生の時に「放射化学」の授業を受けたのが始まりのように思う。本来、高校の化学の教科書にも放射化学の基本的な事項は載っているが、恥ずかしながら高校時代に放射化学を学んだという明確な記憶はない。このような著者が大学学部生からシニア研究者までどのように人材育成されてきたのか客観的に振り返りつつ、関連分野の教育・人材育成の現状についてまとめる。放射性薬品科学・核医学分野の人材は多岐に亘ることから、薬学部出身で薬学部教員をしている著者の狭い観点からの情報となることをあらかじめご了承ください。

薬学系教育・人材育成の対象

まず薬学系教育・人材育成の対象となる者についてまとめると、学部学生・大学院生、薬学系分野研究者、異分野研究者、核医学認定薬剤師に大別されると思われる。これら対象者の教育・人材育成を担っているのは、主に日本全国の薬学系大学、放射化学、放射性薬品科学、核医学に関連した国内学会および国際学会になると思われる。次に、これらについて概要を紹介する。

薬学系大学における教育・人材育成

一般社団法人 薬学教育協議会のホームページの情報¹⁾によると、放射薬学教科担当教員会議名簿には、全国の国公私立79大学105名の教員が登録され、各大学にて学部教育が実施されている。この薬学教育協議会主催の放射薬学教科担当会議は、毎年3月末に行われる日本薬学会年会の期間中に開催されており、放射薬学関連の最新情報を共有し、各大学での教育・人材育成をアップデー

トすることを目的としている。毎回、薬剤師国家試験問題ワーキンググループからの報告がプログラムされ、その他の話題は最新のトピックスで構成されている。本会議には学生は参加していないため、各大学の担当教員がそれぞれの大学に持ち帰り、授業等にて最新情報を学生にフィードバックしているものと思われる。

次に大学学部における教育について、著者の所属している京都大学薬学部を例に挙げて紹介する²⁾。京都大学薬学部では、「新 放射化学・放射性医薬品学 (南江堂)」を教科書として採用し、薬学教育モデルコアカリキュラムに準じて、2年生後期に配当された分析化学Ⅱ (放射化学) では放射化学を、3年生前期に配当された分析化学Ⅳ (臨床分析学) ではその一部に放射性医薬品に関する内容を講義している。座学にて放射化学、放射性医薬品学の基礎を学んだ後、3年生後期には、薬学専門実習という科目の中に放射性薬品化学実習があり、この実習で初めて密封線源および非密封線源を用いた放射化学的な実験を行う。この実習を通じて、放射線を適切な方法で測定すること、代表的な放射性医薬品の調製および使用に関する実験手法を習得することを到達目標として学部学生に対する教育を行っている。

国内学会における教育・人材育成

国内学会における教育・人材育成を紹介する。まず日本薬学会の教育・人材育成に関係する取り組みとして、日本薬学会年会における大学院生・学生シンポジウムが挙げられる³⁾。このシンポジウムは大学院生が立案・企画から当日の発表までのすべてを担当するというものである。その過程において、全国の様々な大学の大学院生がいろいろと意見交換をしながらシンポジウムの内容を深く討議する必要があることから、当日の発表と質疑応答に留まらず、論理的思考や批判的思考を養

成する良い機会となっている。また学生間の交流という観点からも非常に良い取り組みであると考えられる。また日本薬学会の物理系薬学部会には「次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム (PPF)」という学術集会があり、若手研究者および大学院生・学部学生が日頃の研究成果をまとめ口頭発表する場を提供している⁴⁾。PPFは研究発表会だけではなく、若手研究者・学生同士の交流を活性化するための良い機会となっている。

次に日本核医学会における教育・人材育成の取り組みを紹介する。日本核医学会の分科会として放射性薬品科学研究会が組織されている⁵⁾。本分科会では、年1回の総会および研究発表会を実施し、若手研究者および大学院生・学部学生の育成の場を提供している。また日本核医学会では春季大会が毎年実施されている⁶⁾。新たに核医学診療に参加する初学者教育やベテランの知識リニューアルなどを目的として薬剤師を含む幅広い方を対象とした講習を提供している。この中で、放射性医薬品エキスパートセミナーなど、薬学に関連するセミナーを実施することによって、若手研究者や薬剤師の育成に貢献している。さらに日本核医学会では、2017年度より核医学認定薬剤師制度が実施され、核医学分野の薬剤師の教育・人材育成に貢献している⁷⁾。核医学会認定薬剤師の登録・更新には、「放射性医薬品取り扱いガイドライン講習」を受講する必要がある。

国際学会における教育・人材育成

放射性薬品化学分野の代表的な国際学会として、まず Society of Radiopharmaceutical Sciences (SRS) が挙げられる⁸⁾。SRSでは、隔年で International Society of Radiopharmaceutical Sciences (iSRS) が開催され、世界各国からの研究者による最新の研究成果の報告が行われている。また SRSでは、SRS ThinkTank (SRS-TT) と呼ばれる次世代リーダーの育成制度が整備されている。SRS-TTの主な役割は、iSRSのプログラム作成においてプレシンポジウム・ワークショップの提案を行うことにある。世界中の様々な国々から13名の若手研究者が参画しており、この研究分野の若手研究者育成に大きく貢献していると思われる。現在のところ、SRS-TTのメンバーには

日本からの若手研究者が登録されておらず、今後、日本人若手研究者にも積極的に SRS-TT に参加し、日本の放射性薬品科学研究のプレゼンスを示してもらいたい。

放射性医薬品科学に関連する国際学会として、The China-Japan-Korea Association of Radiopharmaceutical Sciences (CJKARS) が挙げられる⁹⁾。CJKARSは文字通り、中国、日本、韓国の3カ国の放射性薬品科学関連の研究者が属する連合であり、隔年で開催される研究発表会が主たる活動となる。各国で顕著な活躍をしている若手研究者に対して、Young Investigator Award を授賞し、若手研究者の活性化を行っている。

次に核医学関係の国際学会として、Society of Nuclear Medicine & Molecular Imaging (SNMMI) が挙げられる¹⁰⁾。毎年、アメリカあるいはカナダの主要都市で開催されており、主な学会員は核医学関連の医師であるが、放射性薬品科学関連の研究者や薬剤師も参加している。さらに、ヨーロッパにも同様の国際学会として、European Association of Nuclear Medicine (EANM) が組織されている¹¹⁾。こちらも SNMMI と同様に、毎年ヨーロッパの主要都市で総会および研究会が開催されている。

さらに SNMMI や EANM よりも大きな枠組みの国際学会として、世界核医学会と呼ばれる、World Federation of Nuclear Medicine and Biology (WFNMB) が組織されている¹²⁾。WFNMBでは、4年おきに総会が開催されており、2022年9月には13th Congress of World Federation of Nuclear Medicine and Biology が初めて日本(京都)で開催された。若手研究者および大学院生・学部学生を含む、本分野の関連研究者はこれらの国際学会に参加し、日頃の研究成果の発表の場となっている。

まとめ

図1に示すように、放射性薬品科学および核医学分野における教育・人材育成は、各大学での放射化学の学部教育を起点として、大学院までの教育によって、若手研究者としての基礎力が養成される。その後、大学院を修了した若手研究者は、さらにシニア研究者へと成長していく。この学部学生からシニア研究者へ成長していく各ステー

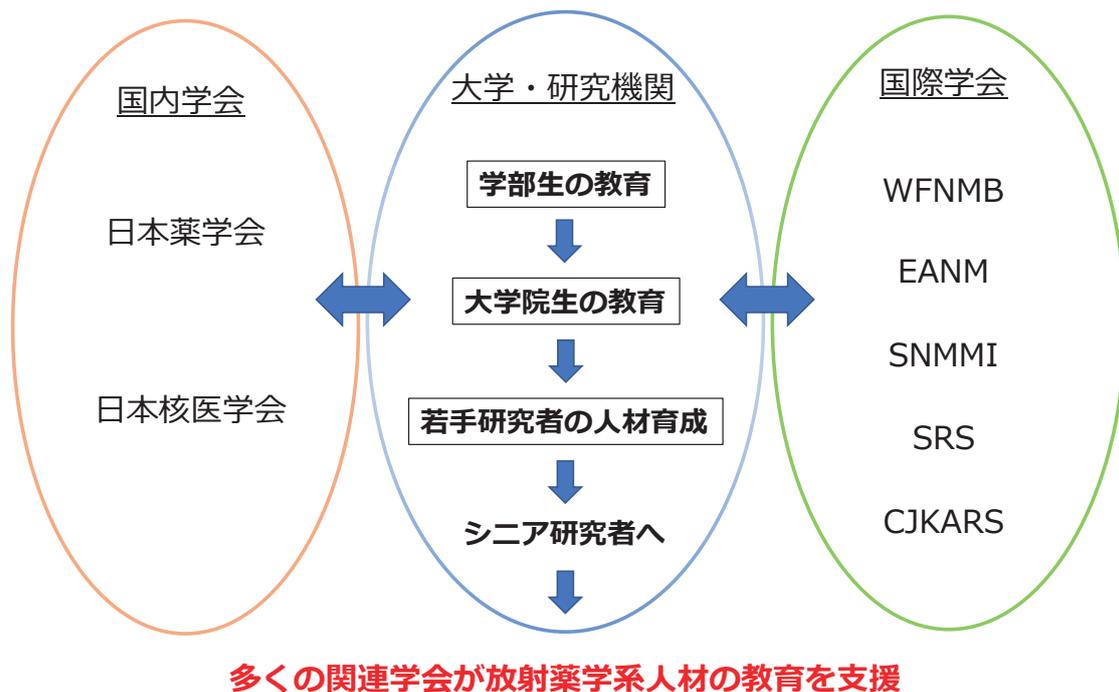


図1. 放射性薬品科学および核医学分野における教育・人材育成とその関連学会

ジにおいて、国内学会においては、日本薬学会、日本核医学会など、国際学会においては、SRS、CJKARS、SNMMI、EANM、WFNMBなどの関連学会が定期的に研究成果の発表の場を提供している。若手研究者および大学院生・学部学生はその発表を一つの目標として、日々の研究活動に取り組むことによってシニア研究者として成長していくと思われる。

このように本分野の人材育成のための教育システムは十分に整備されている状況にあるにも関わらず、このシステムに寄与すべき肝心の若手研究者および学部学生・大学院生の数は減少傾向にある。特に薬学領域においては、博士課程進学者が減少し続けており、将来的に博士号と薬剤師免許を持つ人材の激減が予想されている¹³⁾。この傾向は放射性薬品科学や核医学分野においても同様であり、将来、薬学研究者、核医学関連薬剤師として活躍する人材の減少にもつながり、本分野全体が立ち行かなくなることが懸念される。この問題に対して現在いろいろな議論がなされているが、現存の教育システムを維持するだけでなく、多くの学生を惹きつける魅力を持ち合わせた教育

システムへと積極的に変革していく時期にあるように感じている。

著者自身もシニア研究者と呼ばれる年齢になったが、本稿をまとめる機会をいただき、自分自身がどのような教育を受け、どのような学会で発表してきたか、研究者としてどのように成長してきたのかを自己分析する良い機会となった。また多くの若手研究者および学部学生・大学院生の本分野への参入を促すべく、より魅力的な人材育成の教育システムを構築していく必要があることも再認識できた。これからも若手研究者と同じく、初心を忘れず、日々向上心を持って研究者として成長していくこと、さらには本分野の将来を牽引できる後進の教育・人材育成を決意しながら、本稿を閉じたいと思う。

参考情報

- 1) 一般社団法人 薬学教育協議会 https://yakukyou.org/?page_id=921
- 2) 京都大学薬学部シラバス <https://www.pharm.kyoto-u.ac.jp/campuslife/schooldays/handbook/syllabus-2018/>

- 3) 日本薬学会年会 <https://www.pharm.or.jp/nenkai/>
- 4) 次世代を担う若手のためのフィジカル・ファーマフォーラム (PPF) https://bukai.pharm.or.jp/bukai_butsurikei/PPF.html
- 5) 日本核医学会分科会 放射性薬品科学研究会 <https://tcors.org>
- 6) 日本核医学会春季大会 <https://www.jsnm-spring.org/greeting>
- 7) 核医学認定薬剤師 <http://jsnm.org/specialist/kakuigakuninteyakuzaishi/>
- 8) Society of Radiopharmaceutical Sciences (SRS) <https://www.srsweb.org>
- 9) The China-Japan-Korea Association of Radiopharmaceutical Sciences (CJKARS) <https://www.cjkars-kr.org>
- 10) Society of Nuclear Medicine & Molecular Imaging (SNMMI) <https://www.snmmi.org>
- 11) European Association of Nuclear Medicine (EANM) <https://www.eanm.org>
- 12) World Federation of Nuclear Medicine and Biology (WFNMB) <https://www.wfnmb.org>
- 13) 薬事日報 <https://www.yakuji.co.jp/entry71185.html>

特集（教育部会の活動報告その2：第2回教育セミナー）

日本アイソトープ協会の教育関連活動と人材育成

植竹 修士（日本アイソトープ協会）

日本アイソトープ協会（以下、「当協会」という）は、仁科芳雄博士の尽力により輸入されたアイソトープを全国の研究者に配分したことを契機に、アイソトープの安全取扱い及び取扱技術の向上と普及を図ることを目的とし、昭和26年に設立された。今回は、当協会が実施する教育関連活動及び人材育成について紹介する。

【当協会の教育関連活動と人材育成】

①各種講習会

放射線取扱主任者資格講習や放射線取扱主任者定期講習などの放射性同位元素等規制法に定める登録講習や、主に医療関係者を対象としたアイソトープ内用療法講習会を開催している。また、初学者を対象としたアイソトープ基礎技術入門講習会は、放射性同位元素、放射線に関する基礎的な知識や取扱い、測定等に関する講義と実習を行う。現在各種講習会は、COVID-19の流行を受け、オンライン形式の導入を進めているが、放射線取扱主任者資格講習など放射性同位元素を直接的に取扱う実習を含む講習は、感染対策を徹底しながら対面形式で実施している。

②アイソトープ・放射線研究発表会等

各分野の知見と技術の交流を図ることを目的とし、様々な分野の研究者や施設の放射線管理者に研究内容や施設管理技術等を発表いただく、アイソトープ・放射線研究発表会や放射線安全取扱部会年次大会等を開催している。特に教育関連活動の一環として、アイソトープ・放射線研究発表会の「若手企画：研究者のキャリアパス」では、大学院生やポスドクなどの若手研究者を対象とし、40代前後の研究者に自身のキャリア形成の際の経験や苦難等を講演いただいている。

③書籍・図書

様々な分野のアイソトープ及び放射線の利用やその基礎となる研究における学術誌として

RADIOISOTOPES誌や、放射性同位元素等規制法や医療法・薬機法などの医療放射線に関する内容を掲載したアイソトープ法令集、核種の半減期やエネルギー等の各種データを掲載したアイソトープ手帳等を発行している。また、一般市民を対象とした教育関連活動の一環として、学校の先生や警察官・消防士・自治体関係者等に向けた「やさしい放射線とアイソトープ」を発行している。

④各種表彰制度

若手研究者の支援の一環として、アイソトープ・放射線研究発表会における若手優秀講演賞やRADIOISOTOPES誌論文奨励賞、日本アイソトープ協会奨励賞等の表彰制度を設けている。各応募条件は、当協会ホームページを確認いただきたいが、多くの若手研究者からの応募をお待ちしている。

⑤その他

初等・中等教育の教員を対象とした放射線教育用テキストの配布や、学校の理科室等で使用できる下限数量以下の密封線源の無償貸出を行っている。また、高校生や大学生を対象とし、様々な分野の若手研究者に自身のキャリアや研究内容を紹介いただいた「最前線のアイソトープ・放射線研究紹介－私が研究者になるまで－」が公開されている。現在30名以上の研究者が当協会ホームページにて掲載されており、是非とも確認いただきたい。

【まとめ】

当協会では、多くの教育関連活動・人材育成を実施している。特に当協会では、実際に放射線・放射性同位元素を利用または管理する研究者・技術者の他に、一般市民に向けた活動を推進している。今後、更なる活動推進に向けて、関連団体と協力した企画検討や情報共有等を実施していきたい。

<https://www.jrias.or.jp/>

教育関連活動と人材育成

- ① 各種講習会の実施
 - 放射線業務従事者のための教育訓練講習会
 - 放射線取扱主任者講習
 - 放射線取扱主任者定期講習
 - アイソトープ内用療法・小線源治療講習会
- ② アイソトープ・放射線研究発表会
 - ⇒ 研究者間の交流・発表機会の提供・キャリアパス（人材育成）企画
- ③ 書籍・図書 ⇒ 論文投稿機会・情報提供
- ④ 表彰制度 ⇒ 研究者への支援
- ⑤ その他（一般市民向け対応・講師派遣 etc）
 - ⇒ コンテンツの提供・異分野交流・キャリアパス紹介

オンライン形式とし、
受講しやすい仕様

Japan Radioisotope Association

図 1. セミナー当日の講演資料

特集 (教育部会の活動報告その2: 第2回教育セミナー)

自らの経験から思うこと

平出 哲也 (日本原子力研究開発機構原子力科学研究部門)

今回、日本放射化学会から思いがけない依頼を受けました。人材育成に関する講演の依頼です。私は、名前は似ていますが、「日本放射線化学会」の会長などもしてきましたが、今まで放射化学会とはかかわりはなく、近くにいた放射化学会の会員の方から、是非にということで、講演させて頂くこととなりました。その時のタイトルが、「自らの経験から思うこと」という、極めて無責任なタイトルで、講演させて頂く機会を頂きました。その上、今回は、執筆のご依頼まで頂くこととなり、内容は他の先生方とは相当異なる色を呈しており、本当に恐縮しております。

私は、高校時代、なんとなく、コンピューターに関係したことでやるかなと思っていました。ただし、恐ろしいほど勉強していませんでした。ちょっと悪い友人たちと学園祭に没頭していました。そして当然のように迎えることとなった浪人時代、予備校の物理の講義が面白くて、物理を勉強してみようと思ってしまい、私の人生を大きく変えることとなりました。そして入学した大学では、成績など何も気にしないで、実験と演習の時間だけ楽しく過ごしました。卒論と修論のための研究室生活でも、とにかく実験が面白く、週末も夜中も、装置が空いていればいつも実験をしていました。指導教員はたまに褒める以外は完全に放任主義だったような気がします。この教育方針には今も本当に感謝しています。D論では大学を飛び出し、当時の原研高崎研で3年間過ごしました。おかげで恐ろしいほどスキーがうまくなりました。そして、ひよんなことから、原研東海研究所に入所し、現在に至っています。

ひよんなこととは、入所した当時の化学部において、あるミッションがありました。デンマークから著名な研究者を招聘して陽電子化学研究を立ち上げるといふものでした。新入職員であり、陽電子なんて聞いたこともない私が、一人でこの

ミッションに立ち向かうこととなり、結果、研究所の中では一匹狼として生きていくこととなり、その結果が現在の私かもしれません。本当は研究グループを作ることまでがミッションだったのかもしれませんが。後に当時の部長から、「失敗しても自殺しない人間だ。」と思って採用したと言われました。

さて、それから5年後、上の娘がゼロ歳の時スウェーデン (Chalmers 工科大) に留学しました。4年後、下の娘がゼロ歳の時、再びスウェーデン (Linkoping 大学) に留学しました。結果として、日本でも最近盛んになってきた、男性の育児参加を十二分に行える環境がある、子育てに最高の国を経験しました。妻子を連れて、国際会議にも参加しました。その後、著名な研究者から妻にだけ、クリスマスカードがたくさん届いていました。

研究所生活では、昔は、少なくとも若手の間には組織の壁はなかった気がします。私が一匹狼的な生活をしていたせいもあるかもしれませんが。結果、毎週金曜の夜は、若手研究者が集まって、当時はまだあったゲストハウスで食事などをし、夢を語っていました。

いろんな人と広く付き合ううちに、人材育成センターの仕事を手伝うことになりました。その後、茨城大学で新しい専攻の立ち上げのために研究所から3名人選され参加することとなりました。新しい試みなどもできる状況で、大学院の必修科目に研究所側の人材育成センターの実習を導入させて頂きました。受け入れ側講師+引率教員を行い、文化の異なる組織間に挟まれ、奮闘しました。(いろいろありました…汗)

学会としては、日本放射線化学会と日本陽電子科学会において主に活動してきました。日本陽電子科学会は学会の立ち上げから関わり、直ちに、「陽電子科学研究交流会」といういわゆるサマースクールを開始するのに参加しました。日本放射

線化学会の「夏の学校」にも毎年、自称若手ということで参加させて頂きました。

ここまでは、いろいろあったとしても、それほど珍しいこともないかなと思います。私が自らの経験として、普通の人とはちょっと違うかもしれないと思う経験がいくつかあります。その一つが修士時代に政府の研修船である青年の船（第20回、現在の世界青年の船）に渉外団員（簡単な通訳なども担当）として参加したことでしょうか。1月に晴海から出航して、韓国、シンガポール、パキスタン、インド、マレーシアを回って、3月に戻ってきました。残念ながら、スリランカは航行中に内戦が勃発し、寄港出来ませんでした。現在も国はこの事業を行っていますので、ぜひ、若い方々には参加を考えて頂きたいです。学年末試験を受けられませんでした。が、大丈夫な時代でした。ここでの経験はその後の国際会議の運営などで非常に役立ちました。

さて、タイトルは「自らの経験から思うこと」で、テーマは人材育成に関することでした。まずは、いろいろなことに参加できる環境を作って頂きたい。なんでも、あとで役に立ちます。小さい子供を連れて国際会議に参加するなんて、ものすごく大変ですが、でも、その後の人生が変わります。外部の研修に参加するなんて大変です。私は学生の時に国の研修船でしたが、これも人生に役立ちます。ふらっと行けるゲストハウス、あって良かったです。学会活動の中で、友人を作り、同じ目的に向けて活動する。これも役に立ちます。こういういろいろなことが出来る環境が大事です。

最後に、私が、講義で行っているお話を書かせて頂きます。学生に、夜明け前に南の空に月があった。これはどんな風に見える月か。ということを考えてさせます。小学校低学年で習うことだと思えますが、多くの学生が半月だと答えてくれますが、理由をちゃんと説明します。そして、そのあとで、アリストアルコスの話をしてします。半月とは月の横か

ら太陽の光が当たっていることを意味していて、そこにできる角度が直角であり、その時の太陽と月の角度を測定すれば、月までの距離と太陽までの距離の比がでます。これを実際に行ったアリストアルコスは歴史に名を残し、月のクレーターの名前になっています。人に何かを習うとき、本で何かを勉強するとき、論文を読むとき、「あー、なるほど、わかった！」で終わる人は、歴史に名を残せないと言います。そもそも、論文も本も、間違ったことがたくさん書かれていますので、信じてはいけません。そして、その先にさらに、我々が知らない世界が待っています。

さて、私が書いたものも、例外ではありません。私の言っていることも例外ではありません。間違っているはずだと思ってください。そんな私がどうしろ、こうしろ、などと言えません。言えるのは、やはり、そういうことを尊重した環境を作ろう、ということです。

人材育成がミッションとして掲げられ、そして、それを報告しなくてはならない。手取り足取り、こんなことしました、みたいに。今、目の前にいる若者は、自分なんかよりよっぽど才能にあふれ、もしかしたら新しい物理体系をつくるきっかけを見つける人かもしれないです。若きアインシュタインに、研究とはこうやりなさいと言うようなものかもしれないです。私はたまに褒めてくれるだけの、放任主義だった指導教員は本当に人を育てるということをご理解されていたと感じます。感謝しかありません。

ただ、極めて重要で言いたいことは、「我々は極めて多くのことをほとんど知らない。」「だから、やることはたくさんあるし、そして面白い。」ということになります。これこそモチベーションのもとになり、重要です。

若い人たちには、良い環境の中で、どんどん、いろいろなことに挑戦して頂きたいです。その環境がより実現する方向に進むことを期待したいです。

会議報告

第24回「環境放射能」研究会

別所光太郎

(高エネルギー加速器研究機構)

「環境放射能」研究会は、1999年のJCO臨界事故を契機として2000年にスタートし、毎年3月につくば市の高エネルギー加速器研究機構で開催されてきた。(主催：高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター、日本放射化学会アルファ放射体・環境放射能部会、共催：日本原子力学会保健物理・環境科学部会、日本放射線影響学会、日本放射線安全管理学会)しかし、新型コロナウイルスの感染拡大状況を受け、第21回(2020年3月)は開催直前に中止となり、第22回(2021年3月)、第23回(2022年3月)は完全リモート形式で開催することとなった。これらの状況を踏まえ、第24回「環境放射能」研究会は、4年ぶりに対面での発表・視聴を主とする形で、2023年3月10日(水)～12日(金)に、高エネルギー加速器研究機構・小林ホールを主会場として開催された。

討論主題として、1) 自然環境放射能、2) 放射線・原子力施設環境放射能、3) 東京電力福島第一原子力発電所事故について講演を募集し、依頼講演2件、口頭発表-A(発表15分、質疑5分)14件、口頭発表-B(発表7分、質疑3分)36件の発表が行われた。参加登録者数は、現地参加96名、オンライン参加65名の計161名であった。リモート接続には、WEB会議システムZoomミーティングを利用した。

研究会の最初に、日本放射化学会・五十嵐会長から、環境放射能研究及び本研究会に期待することなどを含めた開会の挨拶をいただき、発表セッションがはじまった。

口頭発表-Aは、本研究会で従来から行われている一般口頭発表の形式であり、発表・質疑時間を比較的長め(20-25分)に設定することで、より深い議論を目指して設定しているものである。

今回の研究会での質疑においては、昨年、一昨年のリモート開催時と比べて会場参加者から多くの質問が出され、より深い内容の議論も行われているように感じられた。このように質疑が活発となった状況は、発表者、セッション座長、幅広い知識と興味を持つ研究会参加者が直接顔を合わせて議論を行うことができたことに由来するものと考えられ、現地に集まって研究会を開催できたことによる大きな利点となったものとする。

一方、口頭発表-Bは、ポスター形式で行っていた多数の発表に代えて、リモート開催となった第22回(2021年3月)から実施されている、短時間の口頭発表と質疑を行う形式である。第22回、第23回は、各発表者が事前に録画したプレゼンテーション動画を順次リモート共有する方法で発表を行ったが、今回は、各発表者が演台でプレゼンテーションを行う形式を基本として実施した。この発表方法は、研究会参加者全員が、コンパクトにポイントをまとめた多くの発表を視聴できる点において有益であると考えられる。一方で、質疑の時間が短時間になってしまうために、すべての質問の希望に対応できない場合や、より詳細



図1. 講演会場での発表の様子

な議論に時間の都合上対応できなかった場面も見受けられた。これらの制限も理由で、従来形式のポスター発表の再開を望むとの意見も複数寄せられた。本研究会は、大学院生や学部学生、自治体の試験研究機関の職員、一般市民などからの発表も含め、多様な多くの発表が視聴できることが特徴の一つである。まとまった研究成果の発表と議論を目的とする口頭発表-Aや依頼講演に加えて、多くの件数の発表を併用して行うことも重要な要請であり、今後の本研究会開催において、どのような発表形式と全体構成が望ましいかを含め、世話人会で検討を続けていく。

今回の研究会では、2件の依頼講演をいただいた。1件目は、「海洋放射能研究の歴史と現状－故青山博士を追悼して」との演題で、元気象研究所/富士山環境研究センターの廣瀬勝己先生にご講演をいただいた。本講演は、2022年9月にご逝去された、青山道夫先生（筑波大学・客員教授）を追悼し、青山先生が主導された海洋放射能研究の歴史について、長年にわたり青山先生と共に多くの研究活動を実施された廣瀬先生からご講義いただいたものである。青山先生の研究業績を中心に、特に、海洋放射能研究の方法論（分析法の標準化、水平分布・鉛直断面図、時系列解析、データベース構築、モデル研究など）について幅広くご紹介をいただいた。後日発行予定の研究会Proceedings論文を含め、多くの環境放射能研究者にとって、海洋放射能研究に関わるたいへん貴重な情報と知見をご教示いただく機会となったものとする。青山先生の環境放射能研究への多大なご貢献への感謝と共に、改めて、皆でご冥福をお祈り申し上げたい。

2件目の依頼講演は「河川流域における放射性セシウム動態研究のこれまでとこれから」として、国立環境研究所福島地域協働研究拠点の林誠二先生にご講演いただいた。東電福島第一原発事故によって放出された放射性セシウムに関し、河川流域における移動と集積、森林生態系における樹木の材部への経根吸収による漸次的な移行、山菜や野生キノコ等への核種移行の実態とメカニズム解明、淡水生態系における食物網を介した移行メカニズムの理解に基づく濃度予測、等について、多

くの実測データと考察を含め、たいへんわかりやすく解説いただいた。さらに、今後の放射性セシウムに関わる環境動態研究が取り組むべき課題について、令和5年4月に設立された福島国際研究教育機構(F-REI)に関わる話題も含めご紹介いただいた。

研究会の最後には、学部学生、大学院生、若手研究者・技術者からの発表21件から選考された以下の4件の発表に対し、研究会奨励賞が授与された。

A-3「ランダムフォレスト解析を用いた大気中ラドン濃度変動による地震の先行現象の検出」(東北大学大学院理学研究科・土谷真由)

A-6「帰還困難区域の溪流・森林環境中に生息する無脊椎動物の放射性セシウム濃度について」(茨城大学地球・地域環境共創機構・小川侑真)

A-9「多孔質シリカを母材とする模擬ウラン粒子の作成とLG-SIMS法による同位体比測定」(日本原子力研究開発機構・富田涼平)

B-30「大型核融合試験施設における大気浮遊じんと降水物に含まれる ^7Be 及び ^{210}Pb の測定報告」(核融合科学研究所・中田実希)

いずれも優れた研究成果をもとに、質の高い発表と質疑をいただいたものとして、多数の審査員から高く評価された研究発表であった。受賞を心よりお祝いすると共に、今後もさらなるご活躍を期待したい。なお、受賞された発表以外にも、優れた内容と審査員から評価された発表が多くあった。研究会での発表内容と質疑や助言を踏まえ、

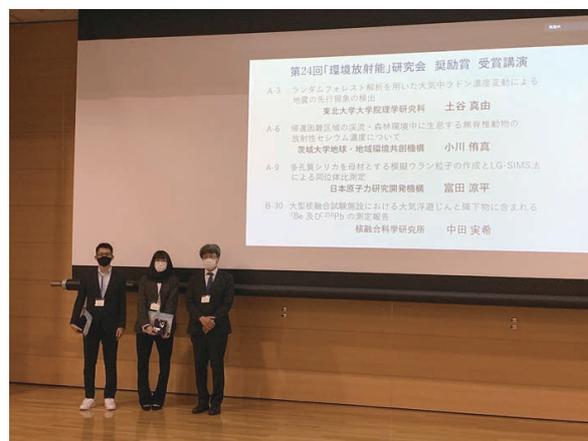


図2. 奨励賞受賞者の富田涼平さん(左)、中田実希さん(中央)、研究会世話人(右)

さらに検討を深めることは、研究成果や考察を再整理し新たな展開にもつながるものであり、今後、大学院生や若手研究者・技術者の方々から多くの発表をいただいて、研究会をさらに盛り上げていただけることを世話人一同、心より願っている。

最後に、高エネ研放射線科学センターの佐波センター長より閉会のあいさつをいただき、閉会となった。

今回 4 年ぶりに対面を主とする研究会となったが、リモートによる視聴と質疑も含め概ねスムーズに行われ、活発かつ有意義な研究会となったのではないかと考える。アンケートからも、現地での研究発表と質疑を中心とする今回の方式が望ましく、有意義な研究会であったとの感想が多かった。多くの興味深いご発表と活発な質疑をいただいた参加者・発表者の皆様に、厚く御礼申し上げます。さらなる交流を図るために、ポスターセッションや、コーヒブレイクや懇親会での参加者交流への希望も多かった。一方で、遠隔地等からの参加しやすさ、スライドの見やすさなどの面からリモート方式の併用を望む意見も多く寄せられている。今後の研究会の開催方法や企画内容について、さらに活発な研究会をめざして、検討を継続していく。

2011 年の東電福島第一原発事故の発生から 12 年が過ぎ、社会情勢も変化しているが、同事故の

影響は今も多くの未解明の課題を残している。今回の研究会でも、同事故に何らかの形で関連する発表の割合が高い状況は継続しており、環境放射能研究が学術面に加え広く社会に対しても重要な分野であり続けていく努力が引き続き求められる。また、本研究会の主要テーマである自然環境放射能、放射線・原子力施設環境放射能に関わる発表も、最先端の分析技術や大規模データ解析やモデル解析手法の進展などを踏まえ、新たなアプローチによる興味深い発表も増えていると感じられた。引き続き、環境放射能に関わる多くの研究者や技術者が集まり、様々な取り組みと最新の知見を共有し議論いただく場を設定し続けていきたいと考えている。今後も多くの皆様に、ご参加とご発表をいただくと共に、研究会に関しご意見等がございましたら、下記までお寄せください。

当研究会では毎回、査読付 Proceedings 論文集を発行しており、第 24 回研究会の Proceedings 集も近日、出版予定である。第 14 回（2013 年）以降の研究会 Proceedings 集、及び、関連情報、資料等については、下記の研究会ホームページからご覧いただくことが可能である。多くの皆様にご覧いただければ幸いである。

「環境放射能」研究会

HP <https://rcwww.kek.jp/enviconf/>

連絡先 envconf@ml.post.kek.jp

会議報告

放射性物質環境動態調査事業報告会報告

青野 辰雄、中島 徹夫

(量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 福島再生支援研究部)

令和5年2月24日にコラッセ福島（福島市）において、放射性物質環境動態調査事業報告会報告「福島における放射性物質の環境動態調査報告と今後の展望」（主催 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所、後援 文部科学省、復興庁、福島県、公立大学法人福島県立医科大学、日本放射線影響学会、日本放射化学会）を会場とオンラインのハイブリッドで開催し、併せて約150名の参加があった。

平成23年3月の東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所事故後、QSTでは、その前身である放射線医学総合研究所の時より、放射線科学研究の面から、福島の復興、再生に関する貢献や支援を行うことを目的に、平成24年度より「福島県放射線医学研究開発事業」を受け、「放射性核種の生態系における環境動態調査等」の事業として周辺環境を通して住民が受ける被ばく線量を評価することに取り組んできた。本事業は令和4年度で終了するが、福島の復興支援に関して環境放射能分野の研究・調査について引き続き協力、貢献していく必要があり、今後の研究活動の課題を検討し、福島の将来の展望を含めた議論の場とした。

本報告会では、本事業の成果概要と令和5年度に発足される福島国際研究教育機構との連携についても紹介が行われた。そして成果概要として「極微量の放射性核種の高精度迅速分析法の確立」、「福島の住民の周辺環境での放射性物質の移行調査」として、(1) 福島の陸や海の放射性物質の分布や挙動について、(2) 食品中の放射性物質濃度を推定するための移行パラメータ値、(3) 福島の野生生物の放射線影響について、および「住民が将来にわたって受ける線量の評価とその低減化」の3テーマ5課題の調査研究の概要や成果について講演を行った。午後には、ポスター発表として5課題の詳細を18件のポスター発表は会場の掲示とファイルによるオンラインの説明で紹介した。また国立環境研究所の五味馨先生より「環境情報の理解と対話を促進する」と題して3次元地図プロジェクションマッピングの開発について特別講演をいただいた。最後に、総合討論の時間を設け、放医研所長を座長として今後の研究課題についてディスカッションすると共に質問票及びWEB参加者からのチャットによる質問に回答する形で討論を行なった。

福島県および県外の幅広い年代の方々が参加さ



写真1 成果概要説明



写真2 講演会場

れ、有意義な議論を行うことができた。これまでの研究調査結果を総括し、今後の研究調査活動を発展させていくための課題を検討しつつ、本分野

における研究連携、研究成果の情報共有について発展させていくとともに、研究成果等は、よりわかりやすい情報発信に引き続き取り組んでいきます。



写真3 ポスター説明



写真4 五味先生の特別講演



写真5 総合討論



写真6 報告会集合写真

情報プラザ (国際国内会議)

(2023 年 8 月時点の情報。最新の情報については、各ホームページを参照してください。)

国内会議

日本放射化学会第 67 回討論会 (2023 年)

日時：2023 年 9 月 21 日～23 日

場所：広島大学学士会館、サタケメモリアル
ホール (東広島キャンパス)

URL： <https://confit.atlas.jp/guide/event/sorc2023/top>



日本核医学会第 63 回学術総会

日時：2023 年 11 月 16 日～18 日

場所：グランフロント大阪 (大阪市)

URL： <https://www.congre.co.jp/jsnm-jsnmt2023/>



日本化学会 第 104 春季年会 (2024 年)

日時：2024 年 3 月 18 日～21 日

場所：日本大学理工学部船橋キャンパス

URL： <https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/cs104th>

日本保健物理学会第 56 回研究発表会

日時：2023 年 11 月 9 日～10 日

場所：ホテルグランドニッコー東京台場

URL： <https://2023jhps.net/>



日本原子力学会 2024 年春の年会

日時：2024 年 3 月 26 日～28 日

場所：近畿大学東大阪キャンパス

URL： <https://www.aesj.net/events/annual-meeting>



日本放射線安全管理学会第 22 回学術大会

日時：2023 年 11 月 11 日～13 日

場所：グランシップ GRANSHIP (静岡県コン
ベンションアーツセンター)

URL： <https://www.2023shizuoka.jrsm.jp/>



日本薬学会 第 144 年会

日時：2024 年 3 月 28 日～31 日

場所：パシフィコ横浜

URL：<https://confit.atlas.jp/guide/event/pharm144/top>



ICRP 2023

日時：6 – 9, November, 2023

場所：GRAND NIKKO TOKYO DAIBA

URL：<https://icrp2023.jp/>



国際会議

International Conference on Hyperfine Interactions and Their Applications (HYPERFINE 2023)

日時：13 – 17, November, 2023

場所：Nara Kasugano International Forum (奈良春日野国際フォーラム～麓～)

URL：<https://confit.atlas.jp/guide/event/hfi2023/top?lang=en>



10th International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC-10)

日時：25 – 30, August, 2024

場所：Brighton, United Kingdom

URL：<https://www.rsc.org/events/detail/38385/10th-international-conference-on-nuclear-and-radiochemistry-nrc10>



学位論文要録

多種イオンの粘土鉱物への吸着反応の系統的理解
とその環境動態解明への適用

(Investigation of environmental behavior
of multiple ions based on systematic
understanding of adsorption reaction on clay
minerals)

山口瑛子（日本原子力研究開発機構）

学位授与：博士（理学）東京大学 大学院理学系
研究科 地球惑星科学専攻 令和 5 年

3 月 23 日

主査：板井 啓明 准教授



1. はじめに

粘土鉱物への吸着反応は地球表層における多くの陽イオンの環境動態を支配する重要な化学反応である。しかし、粘土鉱物の化学組成は様々で吸着サイトも複数存在するため、粘土鉱物への吸着反応は複雑で未解明な点が多く残っている。また、粘土鉱物への吸着反応が環境挙動に及ぼす影響は吸着イオンによって異なる。例えば原子力発電所の事故から放出された放射性セシウム (Cs) は粘土鉱物に強く吸着されたため、土壌表層の 5 cm 以内に固定され (Tanaka et al., 2012)、事故後 10 年の森林土壌の調査でも ^{137}Cs が 10 cm より深くには移行していないということが報告されている (Manaka et al., 2022)。一方で、イオン吸着型鉱床の希土類元素 (REE) も粘土鉱物に吸着するが、イオン交換反応による抽出率が高いという特徴がある (Borst et al., 2020)。 Cs^+ は固定される一方で REE^{3+} は抽出されるという正反対の挙動は、原子レベルでの吸着構造の違いにあると考えられる。 Cs^+ は脱水して吸着する内圏錯体を形成するため強く固定されるが、 REE^{3+} は水和して吸着する外圏錯体を形成するため抽出されやすい。これらのことから、粘土鉱物吸着反応における内圏/外圏錯体を包括的に理解することが重要である。

博士論文では、内圏/外圏錯体の決定要因やメカニズムを明らかにすることを大きな目的とした。

粘土鉱物への金属イオンの吸着反応については多くの研究が行われてきたが、原子レベルでの系統的な比較はなされておらず、さらに、吸着イオンとしてアルカリ金属やアルカリ土類金属が主に着目されているものの、アルカリ土類金属で最もイオン半径の大きいラジウムイオン (Ra^{2+}) は着目されてこなかった。そこで本論文では、 Ra を含む様々な陽イオンの原子レベルの吸着構造を系統的に明らかにすることを目指した。粘土鉱物には、特に吸着容量の大きい 2:1 型粘土鉱物である vermiculite と montmorillonite に着目し、手法は、主に X 線吸収微細構造 (XAFS) 法と第一原理計算を用いた。さらに、原子レベルの吸着構造が元素の環境動態に及ぼす影響について調べるため、環境試料分析を行った。これらの背景や目的の詳細について第一章に記載した。

第二章から第四章では水和 Ra^{2+} の様子や詳細な粘土鉱物吸着構造について議論している。これらの結果を踏まえ、第五章では系統的な元素間の比較を行い、内圏/外圏錯体を決定する要因について仮説を導いた。この仮説の重要性や有用性を明らかにするため、第六章では、ストロンチウム (Sr) と Cs の移行性の違いを原子レベルの吸着構造から考察し、第七章では、風化花崗岩における REE イオン吸着型鉱床の形成、第八章では、人

形峠旧ウラン鉱床における Ra の固定について調べた。第九章では本論文での結論を記し、粘土鉱物と同様に重要な吸着媒である鉄マンガ酸化物との比較も行った。

2. 第二章及び第三章：EXAFS 測定と第一原理計算による Ba^{2+} 及び Ra^{2+} の水和構造解明

Ra は環境汚染や α 線によるがん治療の観点から重要な元素である。しかし Ra は取り扱いが難しいため、基本的な化学的特性の一つである水和構造ですら分子レベルでは未解明であった。そこで本論文では Ra L_{III} 端 EXAFS を安全に測定する手法を開発し、 Ra^{2+} の水和構造を世界で初めて原子レベルで明らかにした。さらに第一原理分子動力学計算により、実験では解明が難しい三次元的構造や動的特性を明らかにした。尚、汎関数などの第一原理計算の計算条件については、Ra のアナログ元素であるバリウム (Ba) を用いて検討を行った (Yamaguchi et al., 2021)。EXAFS 測定と第一原理計算の結果は整合し、水和 Ra^{2+} が水和 Ba^{2+} よりも脱水しやすいということがわかった (Yamaguchi et al., 2022)。

3. 第四章：vermiculite の様々なサイトに吸着した Ba^{2+} 及び Cs^{2+} の吸着構造と結合状態の解明

本論文で着目した 2:1 型粘土鉱物、特に vermiculite にはほつれたエッジサイト (frayed edge site) や層間サイトなど、様々な吸着サイトが存在する。吸着濃度に応じて各吸着サイトの寄与率が変わると考えられているが、各吸着サイトの原子レベルの吸着構造は不明であった。そこで本章では、vermiculite に対して Cs^+ または Ba^{2+} を様々な濃度で吸着させ、EXAFS と X 線回折 (XRD) によって分析することで、系統的に吸着サイトが変化する様子を原子レベルで捉えた。

さらに本章では吸着イオンと粘土鉱物の相互作用に着目した。内圏錯体を形成した場合、吸着イオンと粘土鉱物の相互作用には共有結合性があるというシミュレーション研究の報告があるが、その寄与は小さいという指摘もあり、さらに実験的に確かめた例はない。そこで本章では内圏錯体を形成した Cs^+ について高分解能 X 線吸収

端近傍構造 (high-energy resolution fluorescence detection- X-ray absorption near edge structure: HERFD-XANES) 測定を行い、結合状態を明らかにすることを目指した。HERFD-XANES は従来の XANES よりも詳細な構造を見ることのできる手法である。本論文では HERFD-XANES スペクトルのピークシフトに着目し、求核性定数 (E_n) との比較から結合性評価に利用できることを示した。そして vermiculite に吸着した Cs の測定を行い、さらに第一原理計算による評価も行った結果、vermiculite に吸着した Cs は吸着サイトによらずイオン結合であるということが分かった。

4. 第五章：Ra を鍵とした EXAFS と第一原理計算による様々な陽イオンの吸着構造の系統的解明

本論文では、世界初の Ra L_{III} 端 EXAFS 測定により、粘土鉱物吸着 Ra^{2+} の吸着構造の解明も行った。その結果、Ra は montmorillonite では外圏錯体を形成し、vermiculite では内圏錯体を形成することがわかった。さらに、アルカリ金属 (カリウム (K^+), ルビジウム (Rb^+), Cs^+), アルカリ土類金属 (Sr^{2+} , Ba^{2+}), REE (ランタン (La^{3+}), ルテチウム (Lu^{3+})) を対象として系統的な EXAFS 測定を行った。その結果、 K^+ , Rb^+ , Cs^+ は内圏錯体を形成する一方で、 La^{3+} , Lu^{3+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} は外圏錯体を形成するということがわかった。これらの結果は K_a のイオン強度依存性と整合的であった。

得られた結果は、内圏 / 外圏錯体を決定する要因としてしばしば着目される水和エネルギーでは説明できず、イオン半径であれば説明できる。このことはイオン半径の重要性を示しており、粘土鉱物中の四面体層に存在する空孔の大きさと吸着イオン半径のサイズ適合性が重要ということを示唆している。そこで本論文では、そのサイズ適合性を第一原理計算により評価した。ここでは様々な陽イオンを内圏錯体で吸着した vermiculite のポテンシャルエネルギーを計算することで安定性を評価した。その結果、吸着イオンのイオン半径と価数が大きいほど安定ということがわかった。しかし、例えば Ba^{2+} のようにイオン半径と価数が大きい EXAFS の結果では外圏錯体が見られる元素もあり、粘土鉱物へのサイズ適合性だけで

は内圏 / 外圏錯体の形成を説明できなかった。この理由は、溶液中の水和イオンが内圏錯体として吸着する際に脱水反応が必要なため、粘土鉱物への親和性だけでなく脱水のしやすさも考慮する必要があるということを示している。

以上のことから、粘土鉱物への内圏 / 外圏錯体の形成については (i) 水和エネルギーと (ii) サイズ適合性による安定化エネルギーのバランスで内圏 / 外圏錯体が決定するという仮説を導いた。前者は水和エンタルピーで、後者はイオン半径でそれぞれ評価することができる。

5. 第六章 : Sr^{2+} と Cs^+ の吸着構造とその環境動態への影響

粘土鉱物への内圏 / 外圏錯体の形成について環境動態の観点から着目した。放射性 Sr は Cs と同様に原子力発電所の事故から放出される重要な放射性核種であるが、Cs は移行性が低い一方で Sr は高いという報告がある。しかし、Sr の原子レベルでの情報がいないためにその理由は未解明であった。そこで本章では粘土鉱物に吸着した Sr^{2+} と Cs^+ の吸着構造を K_d 、EXAFS、XRD 測定により明らかにした。その結果、 Sr^{2+} と Cs^+ はそれぞれ外圏錯体と内圏錯体を形成することがわかり、この原子レベルでの違いが環境動態の違いを引き起こしたと考えられる (Yamaguchi et al., 2018b)。これらの結果は第五章で示した仮説と一致しており、系統的な理解が様々な元素の地球表層における循環を理解する上で重要であることを示している。

6. 第七章及び第八章 : REE と Ra の環境動態の解明

第五章で示した内圏 / 外圏錯体の形成要因に関する仮説は様々な陽イオンの環境挙動の推定や理解に役立つと期待される。そのため、本論文では実際に環境試料を分析し、その仮説の妥当性を確かめた。ここでは、西日本の風化花崗岩層中の REE 及び人形峠旧ウラン鉱床の Ra に着目した。いずれも粘土鉱物が多く存在する研究サイトである。

REE は先端技術産業において重要な元素である。REE イオン吸着型鉱床は、風化花崗岩層に形成されるため、資源の観点から REE の環境動

態を明らかにすることは重要である。一方、Ra の環境動態はウラン鉱床周辺や地層処分などの環境問題や α 線によるがん治療薬の資源の観点から重要である。これらの環境試料分析を行ったところ、環境中 REE は外圏錯体を形成して粘土鉱物に吸着するために、抽出率が高くなるということが示された (Yamaguchi et al., 2018a)。一方で Ra は粘土鉱物に強く吸着し固定された。これらの結果は第五章で示した仮説と一致しており、その有用性を示している。

7. 第九章 : 結論 – 陽イオンの吸着構造の系統性とその環境動態の予測 –

本論文では系統的な測定と計算を実施し、粘土鉱物中の空孔と吸着イオンのサイズ適合性および吸着イオンの水和エネルギーが内圏 / 外圏錯体を決定するという仮説を示した。この仮説は様々な陽イオンの環境動態を予測したり説明したりする際に役立つ。しかし、この仮説は、粘土鉱物と同様に地球表層で重要な吸着媒である鉄マンガ酸化物への吸着挙動とは正反対の傾向である。したがって、陽イオンの環境動態は主要な吸着媒が粘土鉱物なのか鉄マンガ酸化物なのかによって大きく異なる。こういった系統的理解を深めることが、様々な陽イオンの環境動態の推定や理解に重要である。

参考文献

- Borst A. M., Smith M. P., Finch A. A., Estrade G., Villanova-de-benavent C., Nason P., Marquis E., Horsburgh N. J., Goodenough K. M., Xu C. and Geraki K. (2020) Adsorption of rare earth elements in regolith-hosted clay deposits. *Nat. Commun.* **11**, 4386.
- Manaka T., Komatsu M., Sakashita W., Imamura N., Hashimoto S., Hirai K., Miura S., Kaneko S., Sakata T. and Shinomiya Y. (2022) Ten-year trends in vertical distribution of radiocesium in Fukushima forest soils, Japan. *J. Environ. Radioact.* **251–252**, 106967.
- Tanaka K., Takahashi Y., Sakaguchi A., Umeo M., Hayakawa S., Tanida H., Saito T. and Kanai Y. (2012) Vertical profiles of iodine-131 and

- cesium-137 in soils in Fukushima prefecture related to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. *Geochem. J.* **46**, 73–76.
- Yamaguchi A., Honda T., Tanaka M., Tanaka K. and Takahashi Y. (2018a) Discovery of ion-adsorption type deposits of rare earth elements (REE) in Southwest Japan with speciation of REE by extended X-ray absorption fine structure spectroscopy. *Geochem. J.* **52**, 415–425.
- Yamaguchi A., Kobayashi K., Takahashi Y., Machida M. and Okumura M. (2021) Hydration structures of barium ions: *Ab initio* molecular dynamics simulations using the SCAN meta-GGA density functional and EXAFS spectroscopy studies. *Chem. Phys. Lett.* **780**, 138945.
- Yamaguchi A., Nagata K., Kobayashi K., Tanaka K., Kobayashi T., Tanida H., Shimojo K., Sekiguchi T., Kaneta Y., Matsuda S., Yokoyama K., Yaita T., Yoshimura T., Okumura M. and Takahashi Y. (2022) Extended X-ray absorption fine structure spectroscopy measurements and *ab initio* molecular dynamics simulations reveal the hydration structure of the radium(II) ion. *iScience* **25**, 104763.
- Yamaguchi A., Tanaka M., Kurihara Y. and Takahashi Y. (2018b) Local structure of strontium adsorbed on 2:1 clay minerals and its comparison with cesium by XAFS in terms of migration of their radioisotopes in the environment. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **317**, 545–551.

学会だより

1. 一般社団法人日本放射化学会第 9 回定例理事会 議事録抜粋

日時：2023 年 3 月 4 日（土）13：00～17:30

場所：オンライン

出席者：[会長] 五十嵐、[副会長] 久保、田上、
[理事] 浅井、大浦、羽場、三浦、秋山、
可児、木野、小池、國分、鈴木、桧垣、
矢永、吉村 [監事] 北辻、箕輪、[オブ
ザーバー] 稲垣 誠、篠原 厚

報告

1. 総務担当理事より、前回理事会以降の理事会活動について報告があった。1月に1件のメール審議があり、寄付金の受け入れについて承認した。
2. 会員担当理事より、会員動向について報告があり、退会者は2名であった。会費3年以上未納者4名を退会処理することとした。
3. 会計担当理事より、2022年度会計中間報告、寄付金を受け入れたことについて報告があった。
4. インターネット・広報委員長より、会員MLの配信状況とHPの更新について報告があった。
5. JNRS編集委員長より、論文投稿状況について報告があり、論文4報掲載、入稿待ち2報、J-Stageに2年分が掲載され、DOIが付与されたとの報告があった。また、J-Stageへの「放射化学」論文掲載について、JNRSの派生誌とするか単独登録とするか、引き続き検討するとの報告があった。（後日、J-Stage担当者から、派生誌でなく新規利用申し込みにするよう指示があった。）
6. 新研究炉検討委員長より、2022年12月23日に実施主体がJAEAに決定し、京大複合研及び福井大が引き続き協力することについて報告があった。
7. 部会報告では、各部会の活動状況について報

告があった。原子力化学・アクチノイド化学部会が発足したとの報告があった。

8. 浅井理事及び小池理事より、SMOOSYの導入準備状況について報告があった。
9. 会計担当理事より、第66回討論会の決算報告があった。
10. 渉外担当理事より、入会案内を11社に送付し、そのうち株式会社テクノエーピー及び株式会社化研から申込があったこと、また桑和貿易株式会社からはこれまで通り広告掲載にて協力したいとの返事があったことの報告があった。

審議

1. 2023年度事業計画書及び収支予算書について浅井理事及び大浦理事より説明があり、事業計画書は事業重点計画に原子力化学部会の活動の本格化に関する記述を追加した案で、また、収支予算書は、学生会員の会費を1千円、賛助会員を23社で算出、教育部会及び核化学部会の活動費をそれぞれ40万円ずつで計上、HP作成費の30万円を不要とするなどを修正した案で承認された。
2. 2023年度事業支援について浅井理事より説明があり、継続的に支援を行う事業5件について承認された。
3. 木野理事及び久保副会長より学会賞応募状況について、奨励賞へ1件の応募があり、これから選考委員会委員を選考し、審議するとの報告があった。
4. 第67回討論会（2023）公示内容について浅井理事から説明があり、参加登録費案が承認された。
5. 各種委員会委員の人選について各担当理事より説明があり、新研究炉検討委員会委員、第67回討論会実行委員会委員、日本放射化学会事務所長及び事務局担当委員が承認された。
6. 公印管理規程の制定について國分理事から説明があり、旧団体分の公印を表に追加するこ

とで承認された。

- 「放射化学」編集委員会規程の改訂について羽場理事より説明があり、第4条の修正が承認された。
- 若手の会研究発表助成の募集について稲垣若手の会代表世話人より説明があり、二次募集の実施の可能性を追記することで承認された。
- 「放射化学」について田上編集委員長より説明があり、J-Stageへの「放射化学」論文掲載にあたり、原稿ファイルがニュースと論文が一体化しているため、両者を切り離す作業を進めることが承認された。

検討

- 2023年度定時社員総会を6/17に、事前の理事会を5/27に開催することを決定した。
- 鈴木理事及び秋山理事より、第67回討論会(2023)について実行委員が決定し、Confitとの打合せを行うとの報告があった。
- 第68回討論会(2024)開催地について、討論会開催機関の公募をMLにて実施することにした。
- 木村賞の選考について、まず推薦書を作成して理事会にて推薦の是非を審議し、その後学会賞選考委員会において授賞の可否を審査することにした。
- 「放射化学」への広告掲載を賛助会員以外にも広げ、A4判1ページの巻頭広告の掲載を始めること、賛助会員に対しては割引価格を適用することが承認された。
- 日本化学連合化学系学協会連絡会への参加の経緯について可児理事より報告があった。今後の参加について可児理事から提案してもらうことになった。

以上

2. 一般社団法人日本放射化学会第10回定例理事会 議事録抜粋

日時：2023年5月27日(土) 13:00～17:50

場所：東京大学アイソトープ総合センター及びオンライン

出席者：[会長] 五十嵐、[副会長] 久保、田上、

[理事] 浅井、大浦、阪間、羽場、三浦、秋山、可児、小池、國分、鈴木、松垣、矢永、吉村、鷺山、[監事] 北辻、箕輪、[オブザーバー] 豊嶋厚史、渡邊瑛介

報告

- 総務担当理事より、前回理事会以降の理事会活動について報告があった。2件のメール審議があり、国際会議「HYPERFINE2023」及び「短寿命RI利用研究シンポジウム」の後援について承認した。
- 会員担当理事より、会員動向について報告があり、新規入会者7名を承認した。
- 会計担当理事より、2023年度会計中間報告があった。
- インターネット・広報委員長より、会員MLの配信状況とHPの更新について報告があった。
- JNRS編集委員長より、論文投稿状況について報告があり、論文査読中1報、入稿待ち1報と報告があった。
- 「放射化学」編集委員長より、第48号及び第49号の発行予定について報告があった。
- 新研究炉検討委員長より、委員の継続、JAEAが実施主体になったことについて報告があった。
- 部会報告では、教育部会より、第2回教育セミナーの開催及び原子力学会再処理部会との共同でセミナーを開催予定であること、核化学部会より、2023重元素化学研究会の開催及び第60回核化学夏の学校を開催予定であること、環境放射能部会より、環境放射能研究会を開催したこと及びその事業経費を5万円返却したこと、放射化分析部会より、放射化分析研究会の総会は、部会と別に実施すること、核プローブ部会より、部会員を増やす試みがあること、原子力化学部会より、部会役員への委嘱予定であることの報告があった。

審議

- 2022年度事業報告及び収支決算書について浅井理事及び大浦理事より説明があり、承認された。
- 監査報告書について北辻監事及び箕輪監事よ

り説明があり、承認された。

3. 2023 年度定時社員総会について浅井理事より説明があり、2023 年 6 月 17 日にオンラインにて開催することが承認された。
4. 学会賞選考委員会委員が承認され、久保副会長より、奨励賞の応募が 1 件あり、受賞決定はメール審議にて理事会承認を得る予定との報告があった。
5. 若手優秀発表賞の改革について久保副会長より説明があり、若手優秀発表賞表彰規程及び表彰内規の改訂が承認された。
6. 令和 6 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰授賞候補者の推薦について木野理事及び可児理事より説明があり、若手賞 3 名の推薦が承認された。ただし実際の推薦は、本人及び所属機関と相談の上決めることとした。
7. 第 68 回討論会（2024）の開催地にて、鈴木理事及び秋山理事より説明があり、静岡大で開催することが承認された。
8. 報酬規程、旅費規程、謝金規程の制定について大浦理事より説明があり、修正案作成の上、メール審議することとなった。
9. 若手の会規程の改訂について若手の会渡邊代表世話人より説明があり、附則の施行日を修正した上で承認された。

検討

1. 若手の会より、若手研究者及び博士課程の学生を対象とした「若手支援パッケージ」（若手研究者向け研究費、博士課程学生向けの奨励費、海外渡航支援）が提案され、さらに検討を行い、再度理事会で検討することとした。
2. 共催・後援・協賛の区別について、他学会より依頼を受ける際の区別の定義を決定した。
3. 鈴木理事及び秋山理事より、第 67 回討論会（2023）開催内容が紹介された。また、他学会への共催、協賛依頼について、基本的にすべて協賛で統一し、LOC がどうしても共催にしたい学会があれば共催も可とすることにした。依頼先は LOC の意向も取り入れつつ理事会で選定し、渉外担当理事が依頼することにした。英語アブストラクトは、昨年同様最初の発表申込時に入力する英文要旨を最終版とし、要

旨集に載せることにした。

4. 討論会の英語表記について、「The XXth Annual Meeting of JNRS (20XX)」とすることに決定した。
5. 浅井理事より、定時社員総会の準備状況の紹介、また役割分担及びスライド内容の確認が行われた。
6. 学会入会勧誘パンフレット作製 WG の設置について、鷺山理事中心に若手向けのものを作成してみることにした。
7. APSORC25 について田上副会長が中心となって開催までのスケジュールを検討し、次回理事会で議論することにした。
8. HP の更新・充実について SMOOSY の HP 機能が使えるので、部会にお願いして使い勝手を試してもらうことにした。
9. 総務、会計、会員担当理事について、社員総会後に正副を交代することとした。
10. 浅井理事より、次期役員候補の選考について次回理事会で選考委員会を立ち上げ、10 月には会長候補の公募を行うため、そろそろ次期役員候補の検討を始める必要があるとの紹介があった。

以上

3. 一般社団法人日本放射化学会 2023 年 7 月 30 日臨時理事会 議事録抜粋

日時：2023 年 7 月 30 日（日）17:00 ~ 18:30

場所：オンライン

出席者：[会長] 五十嵐、[副会長] 久保、[理事] 大浦、羽場、三浦、可児、國分、鈴木、桧垣、矢永、鷺山、[監事] 北辻、[オブザーバー] 渡邊瑛介

審議

1. JNRS 誌の EBSCO 収録が承認された。
2. 若手研究者支援のための基金創設及び若手研究者支援策について、会員へパブリックコメントを求めることが承認された。
3. APSORC 基金が 200 万円となるように、一般予算から補充することが承認された。

以上

3. 会員動向（令和5年1月～令和5年6月）

個人会員数（2023年7月31日現在）	
会員種別	会員数
正会員	271名
学生会員	43名
名誉会員	11名
永年会員	7名
外国人特別会員	4名
合計	336名

賛助会員数（2023年7月31日現在）	
会員種別	会員数
賛助会員	22団体

新規入会（正会員）		
氏名	所属	
土肥 輝美	日本原子力研究開発機構福島研究開発部門廃炉環境国際共同研究センター環境影響研究ディビジョン環境分析研究グループ	
手塚 直希	MHI 原子力研究開発株式会社	

新規入会（学生会員）		
氏名	所属	
長 泰秀	新潟大学理学部理学科	
橋場 奏	大阪大学理学部化学科	
紺野 未夢	大阪大学大学院理学研究科化学専攻	
川岸 英峻	大阪大学理学部生物科学科	
前田 遥香	大阪大学大学院理学研究科化学専攻	
柴本 恭佑	大阪大学理学部化学科	
史 志圓	筑波大学	
中田 拓希	京都大学複合原子力科学研究所 粒子線基礎物性研究部門	
遠藤 卓巳	新潟大学理学部理学科	

退会（名誉会員）	
氏名	
天野 恕	

退会（正会員）			
氏名		氏名	
篠原 伸夫	百島 則幸	初川 雄一	高橋 成人
平田 勝	半澤 有希子	小豆川 勝見	池田 隼人
横山 裕也	鹿野 直人	樋口 政弘	寺本 高啓
梶原 知啓	島田 尚樹	西澤 颯人	杉山 晃一
石橋 優一			

退会（学生会員）			
氏名		氏名	
高橋 朋基	斎藤 輝	佐野 莉奈	中西 諒平
今田 彩香	杉崎 史都	大高 咲希	猪瀬 聡史
久住 健介	平田 詩織		

所属変更
オンライン会員管理システム「SMOOSY」の導入後の会員情報の変更について確認中です。所属変更については次号で報告する予定です。

日本放射化学会2022学会年度(2022/4/1-2023/3/31) 会計決算報告

収入の部

単位(円)

項目	2022年度 予算	2022年度 決算	差額(決算-予算)	備考
個人会費	2,091,000	2,037,000	-54,000	正会員269名、学生47名
賛助会費	1,050,000	950,000	-100,000	19社
討論会参加費	1,090,000	1,502,000	412,000	学会員119名、共催学会員8名、非会員34名
討論会協賛金	780,000	610,000	-170,000	18社、APSORC基金から8万円移動含む
討論会懇親会費	575,000	0	-575,000	
雑収益	0	204,758	204,758	放射化学の事典、利息、寄付
前年度繰越金	12,256,760	12,256,760	0	
収入+前年度繰越	17,842,760	17,560,518	-282,242	
収入+前年度繰越+前年度基金繰越金		22,805,974		

支出の部

単位(円)

項目	2022年度 予算	内訳	2022年度 決算	内訳	差額(決算-予算)	備考
討論会事業	2,340,000		2,499,311		159,311	
賃金		100,000		244,828	144,828	アルバイト11名
旅費交通費		0		83,700	83,700	福島高専生
通信運搬費		5,000		0	-5,000	
消耗品費		55,000		336,886	281,886	若手賞、衛生用品、文具等
支払手数料		10,000		7,095	-2,905	
印刷製本費		100,000		37,520	-62,480	プログラム
賃借料		660,000		748,710	88,710	会場、PC等機材
諸謝金		0		45,237	45,237	特別講演講師
委託費		830,000		849,024	19,024	Confit、クレジット手数料
雑費		105,000		29,668	-75,332	バック飲料
福利厚生費				116,643	116,643	実行委員弁当
懇親会		575,000		0	-575,000	
出版事業費	1,265,000		1,530,303		265,303	
通信運搬費		10,000		44,688	34,688	
支払手数料		5,000		1,320	-3,680	
印刷製本費		1,000,000		1,434,245	434,245	放射化学45号、46号 JNRS vol.21, 22
委託費		250,000		13,750	-236,250	J-Stage掲載
雑費				36,300	36,300	英語論文添削
研究会等補助事業	1,050,000		348,255		-701,745	
支払助成金		450,000		200,000	-250,000	2022重元素研究会
支払手数料		0		330	330	
部会						
核プローブ		100,000		0	-100,000	
α・環境		100,000		0	-100,000	
放射化分析		100,000		0	-100,000	
核化学		100,000		0	-100,000	
教育		100,000		147,925	47,925	第1回、2回教育セミナー
若手		100,000		0	-100,000	
学会賞等の授与	90,000		130,475		40,475	
通信運搬費		5,000		0	-5,000	
消耗品費		60,000		102,300	42,300	盾
支払手数料		5,000		495	-4,505	
印刷製本費		20,000		27,680	7,680	賞状
学術団体との連絡及び協力	20,000		10,165		-9,835	
諸会費		15,000		10,000	-5,000	日本化学連合
支払手数料		5,000		165	-4,835	
APSORC開催事業	5,000		750		-4,250	
支払手数料		5,000		750	-4,250	郵送料
法人会計	2,270,000		1,250,628		-1,019,372	
会議費		25,000		22,110	-2,890	Zoom
旅費交通費		600,000		221,241	-378,759	第6回理事会
通信運搬費		50,000		208,688	158,688	プロバイダ、携帯電話、ルータ
消耗品費		0		1,000	1,000	電子印鑑
支払手数料		85,000		39,105	-45,895	SMOOSY
支払顧問料		450,000		264,000	-186,000	会計顧問
賃借料		240,000		39,600	-200,400	会計ソフト
報酬		0		176,000	176,000	決算、納税
租税公課		70,000		10,300	-59,700	収入印紙、印鑑証明
法人税		0		42,900	42,900	
委託費		750,000		222,219	-527,781	アカデミックスクエア
雑費		0		3,465	3,465	クレジットカード年会費、トークン
支出合計	7,040,000		5,769,887		-1,270,113	
未払い金				10,762		
予備費						
次年度繰越金	10,802,760		11,801,393		998,633	
支出+次年度繰越	17,842,760		17,560,518		-282,242	
収入+前年度繰越+前年度基金繰越-支出合計			17,046,849			

日本放射化学会2022学会年度(2022/4/1-2023/3/31) 特別会計決算報告

前年度からの繰越(2022/4/1)			
基金(黒田基金40万円を含む)	2,811,716 円		
記念事業分	433,634 円		
斎藤基金	300,423 円		
APCORC基金	1,779,683 円		
収入			
基金(黒田基金40万円を含む)	0 円		
記念事業分	0 円		
斎藤基金	0 円		
APCORC基金	9 円	利息	
支出			
基金(黒田基金40万円を含む)	0 円		
記念事業分	0 円		
斎藤基金	0 円		
APCORC基金	750 円	郵送料	
APCORC基金	80,000 円	一般会計(討論会)へ移動	
期末(2023/3/31)			
基金(黒田基金40万円を含む)	2,811,716 円		
記念事業分	433,634 円		
斎藤基金	300,423 円		
APCORC基金	1,698,942 円		

日本放射化学会 2022学会年度末財産(2023/3/31)

預貯金残高 + 現金 合計	17,046,849 円		
三井住友銀行(普通口座)	13,552,827 円		
ゆうちょ銀行(振替口座)	3,433,727 円		
ゆうちょ銀行(通常口座)	48,190 円	討論会用	
現金	12,101 円		
ゆうちょ銀行(通常口座)	4 円	APSORC用(任意団体口座)	
旧 ゆうちょ銀行(振替)	0 円	任意団体口座	
旧 三井住友銀行(普通口座)	0 円	2022/10/13 解約	

日本放射化学会第67回討論会(2023)プログラム
2023/9/21-23 広島大学東広島キャンパス

9月21日

第1日 2023年9月21日(木)

9月21日(木) A会場(サタケメモリアルホール)

<A会場 08:50-09:00 開会の挨拶 中島 覚(広島大学)>

<A会場 09:00-9:50 特別講演 座長:塚田 和明(日本原子力研究開発機構)>

09:00[1S01] 新元素の核化学

Nuclear Chemistry of New Elements

*羽場 宏光¹(1. 理化学研究所仁科加速器科学研究センター)

<A会場 10:00-11:00 放射化分析及び放射性核種の分析化学(1)>

座長:大浦 泰嗣(東京都立大学)>

10:00[1A01 招待] ミュオン元素分析法の開発とその応用

Development of non-destructive elemental analysis method using muon and its application for precious samples

*二宮 和彦¹(1. 大阪大学)

10:30[1A02 招待] 放射光軟X線分光で探る有機薄膜の反応・物性

Reactions and properties of organic thin films probed by synchrotron soft X-ray spectroscopy

*和田 真一¹(1. 広島大学)

<A会場 11:10-12:10 放射化分析及び放射性核種の分析化学(2)>

座長:國分 陽子(日本原子力研究開発機構)

11:10[1A03 若手] ウラン含浸粒子のSIMS分析時に生じる帯電の解消と同位体比分析への影響

Analytical method to remove electrostatic discharge on uranium particle based by porous silicon particle and the effect of discharge for uranium ratio analysis by SIMS

*富田 涼平¹、富田 純平¹、安田 健一郎¹、鈴木 大輔¹、宮本 ユタカ¹(1. 日本原子力研究開発機構)

11:30[1A04] 模擬プルトニウム粒子作成技術の開発

Development of Pu particle preparation technique

*富田 純平¹、富田 涼平¹、鈴木 大輔¹、安田 健一郎¹、宮本 ユタカ¹(1. 日本原子力研究開発機構)

11:50[1A05] 核鑑識のための α 線スペクトロメトリによるウラン年代測定法の検証及び高度化

Validation and advancement of uranium dating method by alpha spectrometry for nuclear forensics

*横山 明彦¹、上杉 正樹¹、松井 芳樹²、海野 勇次²、木村 祥紀²、山口 知輝²(1. 金沢大学、2. 日本原子力研究開発機構)

<A会場 12:10-12:40 昼休み>

<A会場 12:40-13:40 放射化分析部会総会>

<A会場 13:40-15:00 特別セッション:新試験研究炉計画>

座長:三浦 勉(産業技術総合研究所)

13:40[1S02] もんじゅサイト新試験研究炉の性能と利用に係る概念

Concepts for characteristics and utilization of the new research reactor at the Monju-site

*新居 昌至¹(1. 日本原子力研究開発機構)

14:00[1S03] もんじゅサイト新試験研究炉の実験装置整備計画の概要

Overview of the experimental equipment installation plan for the new research reactor at the Monju site

*高宮 幸一¹、稲垣 誠¹、日野 正裕¹、杉山 正明¹、川端 祐司¹、佐藤 信浩¹(1. 京都大学)

14:20[1S04] もんじゅサイトの新試験研究炉 ~福井大学の取組~

New research reactor at the Monju site, - the activity of University of Fukui -

*宇埜 正美¹(1. 福井大学)

9月21日

14:40 総合討論

< A 会場 15:10-16:10 放射化分析及び放射性核種の分析化学 (3) >

座長: 松江 秀明 (日本原子力研究開発機構)

15:10[1A06 若手] 即発 γ 線分析装置 (PGA) の高度化の現状

Current Status of JRR-3 Prompt Gamma-ray Analyzer (PGA)

*邱 奕寰¹、大澤 崇人¹、野澤 拓也¹ (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

15:30[1A07] INAA と PIXE による大気浮遊塵試料の経時変化に関する基礎研究

Basic Study on Trace Elemental Analysis of Airborne Particulate Matters in an Environment by INAA & PIXE

*羽倉 尚人¹、松井 隆祥¹、内山 孝文¹、松浦 治明¹ (1. 東京都市大学)

15:50[1A08] 光量子放射化分析におけるフラックス補正その 2

Flux correction for potoon activation analysis - II

宗村 陽¹、MD Sultanur Reza¹、*大浦 泰嗣¹ (1. 東京都立大学)

< A 会場 16:20-16:40 ポスターフラッシュトーク 1P01~1P21

座長: 鈴木 達也 (長岡技科大)、秋山 和彦 (都立大) >

No	発表者	ポスター講演タイトル
1P01	大江 一弘 (阪大) 他	アスタチン化学種分析に向けたヨウ素のキャピラリー電気泳動
1P02 若手	田村 彩乃 (都立大) 他	光核反応による Lu-177 の製造
1P03 若手	益田 遼太郎 (阪大) 他	^{229m}Th の γ 線観測に向けた放射性試料を用いた希ガスマトリックス単離実験
1P04 若手	板倉 悠大 (阪大) 他	ノーベリウム ⁹⁴ の化学的性質解明に向けた水酸化ストロンチウム沈殿の分光分析と量子化学計算
1P05 若手	石下 燎矢 (新潟大) 他	塩素化シリカ表面のガス気流中での安定性
1P06	菊永 英寿 (東北大) 他	光核反応による中長半減期核種の製造量評価
1P08	畠山 陽多 (金沢大) 他	道東沿岸~沖合の ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 濃度の空間分布からみた海水循環
1P09	松長 祥太郎 (金沢大) 他	海水の微弱 ^{134}Cs 測定法の改良と福島原発事故への応用
1P10	島 長義 (九環境) 他	トリチウム測定におけるシンチレーションカクテルのケミルミネッセンス減衰特性
1P11 若手	山本 康平 (阪大) 他	福島土壌中の ^{137}Cs と ^{90}Sr の移行と土壌成分および陽イオン交換容量の調査
1P12	高田 兵衛 (福島大) 他	ALPS 処理水放出に向けた福島沿岸でのトリチウム動態解析のための新たな取り組み
1P13	西森 千幸 (日本分析セ) 他	福島第一原子力発電所事故後の千葉市における空間線量率の経年変化について
1P14	末木 啓介 (筑波大) 他	環境放射能のデータベースを発行しよう
1P15	高橋 穂高 (筑波大) 他	加速器質量分析装置を用いた ^{210}Pb の測定法の検討
1P16	稲垣 誠 (京大) 他	もんじゅサイト新試験研究炉におけるホットラボラトリーの計画

9月21日

1P17	安次富 政貴 (九環境) 他	LSC測定による遮蔽鉛中Pb-210スクリーニング法の検討
1P18	深澤 優人(広 島大) 他	MA/Ln分離のためのBPhen型配位子における置換基導入効果についてのDFT研究
1P19	永田 光知郎 (阪大) 他	α 微粒子のリアルタイム質量検出を指向した肥大化濃縮装置の開発
1P20	稲田 晋宣(広 島大) 他	土壌から単離した微生物のセシウム耐性能の解析
1P21 若手	中村 大生(都 立大) 他	ランタノイド内包フラーレンに関するHPLC溶出挙動の熱力学的解析とその再現性の確認

*一人1分で発表

<16:40-17:30 ポスター発表 学生会館ラウンジ>

著者・講演タイトルの詳細はポスター発表欄参照

9月21日(木) B会場(学生会館)

<B会場10:00-10:50 核化学(1)>

座長: 浅井 雅人(日本原子力研究開発機構) >

10:00[1B01 招待] 原子核時計実現にむけたトリウムイオンのレーザー分光

Laser spectroscopy of thorium ions toward a nuclear clock

*山口 敦史^{1,2}、重河 優大¹、羽場 宏光¹、菊永 英寿³、白崎 謙次³、和田 道治⁴、香取 秀俊^{1,2} (1. 理化学研究所、2. 東京大学、3. 東北大学、4. 高エネルギー加速器研究機構)

10:30[1B02 若手] Th-229mの電子架橋遷移の観測に向けたTh-229mイオンの引き出しとトラップ

Extraction and trapping of 229mTh ions for observing electronic bridge process

*重河 優大¹、山口 敦史²、床井 健運³、佐藤 望¹、笠松 良崇³、和田 道治⁴、羽場 宏光¹ (1. 理研仁科セ、2. 理研香取研、3. 阪大院理、4. KEK和光原子核科学セ)

<B会場11:10-12:10 核化学(2)>

座長: 菊永 英寿(東北大学) >

11:10[1B03 若手] ^{235m}Uハロゲン化物の半減期変化と相対論密度汎関数計算による電子密度との相関Correlation between variation on half-lives of ^{235m}U halides and electron densities by means of relativistic density functional theory calculation*益田 遼太郎^{1,2}、金子 政志¹、澤村 慶¹、橋場 奏¹、重河 優大²、篠原 厚^{1,3}、笠松 良崇^{1,2} (1. 大阪大学、2. 理化学研究所、3. 大阪青山大学)11:30[1B04] ²⁵⁹Mdの自発核分裂片質量-全運動エネルギー分布測定Measurement of mass and total kinetic energy distribution for spontaneous fission of ²⁵⁹Md*浅井 雅人¹、石橋 優一²、塚田 和明¹、佐藤 哲也¹、青木 涼太^{1,3}、伊藤 由太¹、内馬場 優太^{1,3}、Orlandi Riccardo¹、Gong GyeongMin^{1,3}、洲崎 ふみ¹、西尾 勝久¹、廣瀬 健太郎¹、牧井 宏之¹、西中 一朗⁴、阪間 稔⁵、久保野 茂⁶ (1. 日本原子力研究開発機構、2. 九州大学、3. 茨城大学、4. 量子科学技術研究開発機構、5. 徳島大学、6. 理化学研究所)

11:50[1B05] 高精度質量分析器による蒸発残留核断面積の励起関数測定

Excitation function measurement of fusion evaporation reaction by direct ion counting with high-precision mass spectrograph

*庭瀬 暁隆¹、和田 道治¹、Schury Peter¹、木村 創大¹、Brionnet Pierre²、Chaoyi Fu³、羽場 宏光²、平山 賀一¹、石山 博恒²、伊藤 由太⁴、加治 大哉²、宮武 宇也¹、森本 幸司²、Rosenbusch Marco²、高峰 愛子²、渡邊 裕¹ (1. 高エネルギー加速器研究機構、2. 理研仁科センター、3. 香港大、4. 日本原子力研究開発機構)

< B会場12:10-12:40 昼休み >

9月21日

< B会場 12:40-13:40 若手の会 >

< B会場 13:40-16:00 核化学 (3) >

座長: 後藤 真一 (新潟大学) >

13:40[1B06 若手] $^{232}\text{Th}+^7\text{Li}$ 核反応における α 線放出生成物の定量Determination of alpha emitting products in the $^{232}\text{Th}+^7\text{Li}$ nuclear reaction*細川 浩由¹、永井 歩夢¹、榊枝 優真²、干場 香湖¹、南部 明弘³、重河 優大³、羽場 宏光³、坂口 綾²、横山 明彦¹ (1. 金沢大学、2. 筑波大学、3. 理化学研究所)

14:00[1B07] 太陽電池検出器のエネルギー・時間分解能および放射線耐性の評価

Evaluation of energy and time resolution and radiation tolerance of solar cell detectors

*能見 幹都¹、坂口 聡志^{1,2}、浅井 雅人^{1,2,3}、甲斐 民人¹、杉山 晃一¹、鄭 淳讚⁴、富松 太郎¹、長江 大輔²、永田 優斗¹、庭瀬 暁隆⁴、松浦 開¹、松永 壮太郎¹、武藤 大河¹、森田 浩介^{1,2} (1. 九州大学理学府、2. 九州大学超重元素研究センター、3. 日本原子力研究開発機構、4. KEK 和光原子核科学センター)14:20[1B08 若手] 反跳相関崩壊分光に向けた $^{214}\text{Ra}^{2+}$ イオンの in-trap 崩壊測定In-trap decay measurements of $^{214}\text{Ra}^{2+}$ ions for decay-recoil-correlated spectroscopy*内馬場 優太^{1,2}、伊藤 由太²、佐藤 哲也^{1,2}、青木 涼太^{1,2}、浅井 雅人²、Gong Gyeongmin^{1,2}、塚田 和明²、名取 日菜^{1,2}、宮地 優太^{1,2}、永目 諭一郎² (1. 茨城大学大学院理工学研究科量子線科学専攻、2. 日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター極限超重元素核科学研究グループ)

14:40[1B09] アルファ線核医学治療用アスタチン-211 の大規模製造装置の開発

Development of a large-scale production system of astatine-211 for targeted alpha-particle therapy

*安良田 寛^{1,2}、栗原 嵩司^{1,2}、中村 伸悟^{1,2}、佐藤 望²、殷 小杰²、南部 明弘²、重河 優大²、金山 洋介²、荒井 秀幸^{1,2}、長澤 豊¹、羽場 宏光² (1. 金属技研株式会社、2. 理研)

< B会場 15:10-16:10 核化学 (4) >

座長: 横山 明彦 (金沢大学) >

15:10[1B10 若手] ガスクロマトグラフィーと量子化学計算を用いた At 芳香族化合物のハロゲン結合エネルギーの導出

Derivation of halogen binding energies of At aromatic compounds using gas chromatography with the aid of quantum chemical calculations

*床井 健運¹、豊嶋 厚史²、金子 政志¹、篠原 厚^{2,3}、大江 一弘²、今 教禎²、羽場 宏光⁴、YIN Xiaojie⁴、笠松 良崇¹ (1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 大阪大学放射線科学基盤機構、3. 大阪青山大学、4. 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター)

15:30[1B11 若手] 102 番元素ノーベリウムの硝酸系および塩酸系でのクラウンエーテルを用いた固液抽出

Solid-liquid extraction of nobelium with crown ether in HNO_3 and HCl system*渡邊 瑛介^{1,2}、中西 諒平¹、横北 卓也^{3,4}、王 瑞麟¹、大高 咲希¹、板倉 悠大¹、益田 遼太郎¹、重河 優大⁵、南部 明弘⁵、殷 小杰⁵、羽場 宏光⁵、金子 政志¹、柴本 恭佑¹、高宮 幸一⁶、篠原 厚^{1,7}、笠松 良崇¹ (1. 大阪大学、2. 高エネルギー加速器研究機構、3. サレジオ工業高等専門学校、4. 東北大学、5. 理化学研究所、6. 京都大学、7. 大阪青山大学)

15:50[1B12] ノーベリウムの硫酸バリウム共沈

Coprecipitation of nobelium with barium sulfate

大高 咲希^{1,2}、*笠松 良崇^{1,2}、中西 諒平^{1,2}、渡邊 瑛介^{1,2}、板倉 悠大^{1,2}、王 瑞麟^{1,2}、益田 遼太郎^{1,2}、金子 政志¹、羽場 宏光²、重河 優大²、南部 明弘²、殷 小杰²、横北 卓也³、篠原 厚^{1,4} (1. 大阪大学、2. 理化学研究所、3. サレジオ高専、4. 大阪青山大学)

9月21日 (木) ポスター発表

[核化学]

[1P01] アスタチン化学種分析に向けたヨウ素のキャピラリー電気泳動

Analysis of iodine with a capillary electrophoresis method for speciation of astatine

*大江 一弘¹、吉村 崇¹ (1. 大阪大学放射線科学基盤機構 附属ラジオアイソトープ総合センター)

9月21日

- [1P02 若手] 光核反応による Lu-177 の製造
Production of Lu-177 by photonuclear reaction
*田村 彩乃¹、秋山 和彦¹、菊永 英寿²、久富木 志郎¹ (1. 東京都立大学、2. 東北大学電子光物理学研究センター)
- [1P03 若手] ^{229m}Th の γ 線観測に向けた放射性試料を用いた希ガスマトリックス単離実験
Rare gas matrix isolation using radioactive sample for γ -ray measurement of ^{229m}Th
*益田 遼太郎^{1,2}、安田 勇輝¹、橋場 奏¹、重河 優大²、宮本 祐樹³、吉村 浩司³、篠原 厚^{1,4}、笠松 良崇^{1,2} (1. 大阪大学、2. 理化学研究所、3. 岡山大学、4. 大阪青山大学)
- [1P04 若手] ノーベリウム の 化学的性質解明に向けた水酸化ストロンチウム沈殿の分光分析と量子化学計算
Spectroscopic analysis and quantum chemical calculations of strontium hydroxide precipitate toward the chemical study of nobelium
*板倉 悠大^{1,2}、笠松 良崇^{1,2}、金子 政志¹、永田 光知郎¹、王 瑞麟^{1,2}、渡邊 瑛介^{1,3}、大高 咲希¹、中西 諒平¹、篠原 厚⁴ (1. 大阪大学、2. 理化学研究所、3. 高エネルギー加速器研究機構、4. 大阪青山大学)
- [1P05 若手] 塩素化シリカ表面のガス気流中での安定性
Stability of chlorinated silica surface in gas flow
*石下 燎矢¹、後藤 真一¹ (1. 新潟大院自然)
- [1P06] 光核反応による中長半減期核種の製造量評価
Estimation of the production of medium and long-lived nuclides from photonuclear reactions
*菊永 英寿¹、横北 卓也¹ (1. 東北大学)
- [環境放射能]
- [1P08] 道東沿岸～沖合の ²²⁶Ra、²²⁸Ra 濃度の空間分布からみた海水循環
Spatial distribution of ²²⁶Ra and ²²⁸Ra concentrations and seawater circulations off southeastern Hokkaido
*畠山 陽多¹、井上 睦夫¹、光主 隼大¹、真下 海成¹、谷内 由貴子²、中野渡 拓也²、嶋山 秀樹²、長尾 誠也¹、亀山 紘旭¹ (1. 金沢大学、2. 水産機構・資源研)
- [1P09] 海水の微弱 ¹³⁴Cs 測定法の改良と福島原発事故への応用
Improvement of analytical method for low-level ¹³⁴Cs and the application to water circulations
*松長 祥太郎¹、真下 海成¹、井上 睦夫¹、谷内 由貴子²、中野渡 拓也²、嶋山 秀樹²、長尾 誠也¹ (1. 金沢大学低レベル放射能実験施設、2. 水産研究・教育機構)
- [1P10] トリチウム測定におけるシンチレーションカクテルのケミルミネッセンス減衰特性
Chemiluminescence decay characteristics for different scintillation cocktails in tritium measurements
*島 長義¹、玉利 俊哉¹ (1. 一般財団法人 九州環境管理協会)
- [1P11 若手] 福島土壤中の ¹³⁷Cs と ⁹⁰Sr の移行と土壌成分および陽イオン交換容量の調査
Migration of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in Fukushima and investigation of soil composition and cation exchange capacity
*山本 康平¹、吉村 崇^{1,2}、二宮 和彦^{1,2} (1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 阪大放射線機構)
- [1P12] ALPS 処理水放出に向けた福島沿岸でのトリチウム動態解析のための新たな取り組み
Study on tritium dynamics in Fukushima coastal seawater for discharge of ALPS treated water
*高田 兵衛¹、大槻 哲¹、佐藤 俊¹、三浦 輝²、西野 圭佑²、和田 敏裕¹、戸田 亮二³、西川 淳⁴ (1. 福島大学、2. 電力中央研究所、3. 東京大学、4. 東海大学)
- [1P13] 福島第一原子力発電所事故後の千葉市における空間線量率の経年変化について
Time variation of air absorbed dose rate in Chiba City after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident
*西森 千幸¹、田中 博幸¹、磯貝 啓介¹ (1. (公財) 日本分析センター)
- [1P14] 環境放射能のデータベースを発行しよう
Let's publish a database of environmental radioactivity
*末木 啓介¹、恩田 裕一¹ (1. 筑波大学)
- [1P15] 加速器質量分析装置を用いた ²¹⁰Pb の測定法の検討

9 月 21 日

Development of a method for measuring ^{210}Pb using an accelerator mass spectrometry
 *高橋 穂高¹、笹 公和²、高橋 努²、松村 万寿美²、高久 雄一³、山崎 信哉³、末木 啓介³、Froehlich
 Michaela⁴、坂口 綾³ (1. 筑波大学数理物質科学研究群化学学位プログラム、2. 筑波大学 AMS グループ、
 3. 筑波大学数理物質系、4. オーストラリア大学 物理学部 原子核物理学・加速器応用学科)

[放射化分析及び放射性核種の分析化学]

[1P16] もんじゅサイト新試験研究炉におけるホットラボラトリーの計画

Plan for a hot laboratory at the new research reactor to be constructed on the "Monju" site
 *稲垣 誠¹、高宮 幸一¹、日野 正裕¹、杉山 正明¹、川端 祐司¹、佐藤 信浩¹ (1. 京都大学)

[1P17] LSC 測定による遮蔽鉛中 Pb-210 スクリーニング法の検討

Study of screening method of Pb-210 in lead brick for shielding using LSC measurement
 *安次富 政貴¹、玉利 俊哉¹ (1. 一般財団法人 九州環境管理協会)

[原子力・アクチノイド化学及び関連分野]

[1P18] MA/Ln 分離のための BTPen 型配位子における置換基導入効果についての DFT 研究

Investigation of substitution effect for BTPen-type ligand for MA/Ln separation
 *深澤 優人¹、中島 覚¹ (1. 広島大学)

[1P19] α 微粒子のリアルタイム質量検出を指向した肥大化濃縮装置の開発

Development of devices for particle enlargement and concentration for real-time mass analysis
 of fine particles containing alpha-emitting radionuclides
 *永田 光知郎¹、豊嶋 厚史²、高宮 幸一³、古谷 浩志⁴、床井 健運¹、河井 洋輔¹、吉村 崇²、豊田 岐聡¹、
 篠原 厚⁵ (1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 大阪大学放射線科学基盤機構、3. 京都大学複合原子力
 科学研究所、4. 大阪大学リノベーション・工作支援センター、5. 大阪青山大学)

[核医学・生物関連放射化学]

[1P20] 土壌から単離した微生物のセシウム耐性能の解析

Study on the Cs tolerant microorganism isolated from soil
 *稲田 晋宣¹、トリヨノ バスキ¹、丸山 史人²、松嶋 亮人¹、木庭 亮二³、寺元 浩昭³、宗岡 亜依³、中島
 覚¹ (1. 広島大学自然科学研究支援開発センター、2. 広島大学 IDEC 国際連携機構、3. 広島大学技術セン
 ター)

[その他 (境界分野への放射化学の新展開など)]

[1P21 若手] ランタノイド内包フラレンに関する HPLC 溶出挙動の熱力学的解析とその再現性の確認

Thermodynamic Analysis of HPLC Elution Behavior of Lanthanide Endohedral Fullerene ($\text{Ln}@\text{C}_{82}$) and
 Confirmation of Its Reproducibility
 中村 大生¹、黒田 拓真¹、秋山 和彦¹、高宮 幸一²、久富木 志朗¹ (1. 東京都立大学、2. 京都大学複合
 原子力科学研究所)

9月22日

第2日 2023年9月22日(金)

9月22日(金) A会場(サタケメモリアルホール)

<A会場 09:00-9:50 特別講演 座長:遠藤 暁(広島大学)>

- 09:00[2S01] 原爆による「黒い雨」領域推定のための基礎的研究
Basic Research for Estimating the Area of "Black Rain" Caused by the Atomic Bomb Explosion
*五十嵐 康人¹ (1. 京都大学)

< A会場 10:00-11:00 環境放射能(1)>

座長:齋藤 凜太郎(ジーエルサイエンス)、小池 裕也(明治大学)>

- 10:00[2A01] 海水循環トレーサー利用に向けた海水中の²³⁷Np分析法の確立
Establishment of an analytical method for ²³⁷Np in seawater for application as an oceanic circulation tracer
*榊枝 優真¹、中島 朗久¹、永井 歩夢²、細川 浩由²、横山 明彦³、羽場 宏光⁴、南部 明弘⁴、重河 優大⁴、鄭 建⁵、瀬古 典明⁶、保科 宏行⁶、Hain Karin⁷、Wiederin Andreas⁷、末木 啓介⁸、山崎 信哉⁸、高久 雄一⁸、坂口 綾⁸ (1. 筑波大学大学院 理工情報学術院 数理工物質科学研究群 化学学位プログラム、2. 金沢大学大学院 自然科学研究科、3. 金沢大学 理工研究域、4. 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター、5. 量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所、6. 量子科学技術研究開発機構 量子技術基盤研究部門 高崎量子応用研究所、7. ウィーン大学 物理学科 アイソトープ物理学専攻、8. 筑波大学 数理工物質系)
- 10:20[2A02] 海水中の極微量⁹⁹Tc高感度分析法の開発
Development of a highly sensitive analytical method for ultra-trace ⁹⁹Tc in seawater
*高見 佳¹、鍋山 雄樹¹、初川 雄一²、塚田 和明³、浅井 雅人³、末木 啓介⁴、山崎 信哉⁴、高久 雄一⁴、坂口 綾⁴ (1. 筑波大学理工学群化学類、2. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門、3. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター、4. 筑波大学 数理工物質系)
- 10:40[2A03] Sr吸着剤を用いた海水中の放射性ストロンチウムの迅速測定法の改良
Improvement of rapid analysis of radiostrontium in seawater using Sr sorption-reagent
*箕輪 はるか¹、緒方 良至²、小島 貞男²、有信 哲哉²、加藤 結花³、杉原 真司⁴ (1. 東京慈恵会医科大学、2. 愛知医科大学、3. 日本レイテック、4. 九州大学)

< A会場 11:10-12:10 環境放射能(2)>

座長:小池 裕也(明治大学)>

- 11:10[2A04 若手] オホーツク海、道東海域における¹³⁴Cs濃度の経年変動からみた海水循環
Temporal Variations in ¹³⁴Cs Concentration in the southwestern Sea of Okhotsk and off Doto: Implications for Water Circulations in northern North Pacific Ocean.
*真下 海成¹、井上 睦夫¹、谷内 由貴子²、中野渡 拓也²、梶山 秀樹²、乙坂 重嘉³、長尾 誠也¹ (1. 金沢大学、2. 水産機構・資源研、3. 東京大学)
- 11:30[2A05] インド洋~南大洋の¹³⁷Csの空間分布
Spatial distribution of ¹³⁷Cs concentrations in the Indian Ocean and Southern Ocean
*光主 隼大¹、真下 海成¹、井上 睦夫¹、長尾 誠也¹、熊本 雄一郎² (1. 金沢大学、2. JAMSTEC)
- 11:50[2A06] 放射性セシウムと放射性ヨウ素を用いた北極海の海水循環研究
Studies on the water circulation in the Arctic Ocean by means of radiocesium and radioiodine
*熊本 雄一郎¹、浜島 靖典²、西野 茂人¹、井上 睦夫²、永井 尚生³、松崎 浩之⁴、山形 武靖⁴、村田 昌彦¹、菊地 隆¹ (1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 金沢大学、3. 日本大学、4. 東京大学)

< A会場 12:10-12:40 昼休み>

9月22日

<A会場 12:40-13:40 アルファ放射体・環境放射能部会総会>

< A会場 13:40-15:00 環境放射能 (3)

座長：松垣 正吾 (東京大学) >

13:40[3A13 若手] 広島原爆によって生成したウランを含有する降下物粒子の検出手法の開発

Development of a detection method for uranium-bearing fallout particles produced by the atomic bomb in Hiroshima

*東江 直樹¹、高宮 幸一¹、稲垣 誠¹、沖 雄一¹、福谷 哲¹、八島 浩¹、芝原 雄司¹、足立 友紀²、五十嵐 康人¹ (1. 京大複合研、2. (株)アトックス)14:00[2A08] 質量分析法を用いた酸化還元環境の異なる地下水における ²³⁴U/²³⁸U 同位体比の変動把握Variation of ²³⁴U/²³⁸U isotope ratios in groundwater under different redox environments*栗林 千佳¹、谷水 雅治¹ (1. 関西学院大学大学院理工学研究科)

14:20[2A09] 多重検出器型 ICP 質量分析計を用いた東京湾堆積物中人為的ウランの同位体分析及び起源識別

Isotopic analysis and source identification of anthropogenic uranium in Tokyo Bay sediments using a multi-collector ICP-mass spectrometer

*山本 康太¹、大野 剛²、北村 豪²、高橋 宏明¹、平田 岳史³ (1. 原子力規制庁、2. 学習院大学、3. 東京大学)

14:40[2A10] 別府湾の堆積物を用いた表層環境への I-129 導入史の復元

Reconstruction of ¹²⁹I Input History to the Surface Environment Using a Sediment Core from Beppu*史 志圓^{1,2}、加 三千宣³、笹 公和²、松村 万寿美²、高橋 努²、高久 雄一⁴、山崎 信哉⁴、末木 啓介^{2,4}、坂口 綾^{2,4} (1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 生命地球科学研究群 環境学学位プログラム、2. 筑波大学 AMS グループ、3. 愛媛大学 沿岸環境科学研究センター、4. 筑波大学 数理学物質系)

<15:10-16:10 会員総会 座長：浅井 雅人 (JAEA、学会庶務) >

<16:10-16:40 奨励賞受賞講演>

<座長：北辻 章浩 (日本原子力研究開発機構) >

16:10[2S02] アクチノイドの溶液内複合反応研究と微量分析法開発

Studies on complex reactions of actinides in solution and development of analytical methods for small amounts of samples

*大内 和希¹ (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

<A会場 16:40-17:00 ポスターフラッシュトーク 2P01~2P23

座長：鈴木 達也 (長岡技科大)、秋山 和彦 (都立大) >

No	発表者	ポスター講演タイトル
2P01 若手	高村 怜士 (新潟大) 他	高速中性子による RI 製造のための中性子スペクトルと励起関数の検証
2P02	中西 諒平 (阪大) 他	ノーベリウムシュウ酸カルシウム共沈
2P03	名取 日菜 (茨城大) 他	等温ガスクロマトグラフ法による 106 番元素 Sg の気相化学研究に向けたモデル実験
2P04 若手	青戸 宏樹 (阪大) 他	核医学応用に向けた高周期 p ブロック元素の DOTAM 錯体合成とその理論計算
2P05	横北 卓也 (東北大) 他	^{nat} Te(γ, x) ¹²⁵ Sb 反応による Sb-125 の製造
2P06 若手	石井 勇希 (金沢大) 他	メスパウアー分光法による R コンドライト PCA91002 中鉄含有鉱物組成の研究

9月22日

2P07	杉山 翠（日本分析セ）他	47都道府県に設置されたモニタリングポストの精度管理調査結果
2P08	中村 司（筑波大）他	電気化学的手法を用いた環境水中のヨウ化物イオンの選択的定量法の開発
2P09	松嶋 亮人（広島大）他	陽イオン界面活性剤を用いたセシウム137吸着鉱物の除染効果の経時変化
2P10	蓬田 匠（JAEA）他	X線吸収分光法による模擬風化処理した雲母中ウランのスペシエーション
2P11 若手	清水 優伸（明治大）他	多摩川本流における存在形態分析を用いた底質中 ¹³⁷ Csの移行調査
2P12 若手	高橋 亘（明治大）他	多摩川集水域宿河原における河川水及び底質中放射性セシウム濃度の定点観測
2P13 若手	大鳥 慎治（金沢大）他	赤城大沼における夏季・冬季成層化における放射性セシウム濃度の変動
2P14	中川 太一（JAEA）他	熱感応性界面活性剤の相分離現象による金属酸化物微粒子の抽出
2P15 若手	光安 優典（東北大）他	電子スピン共鳴による野生動物の歯を用いた線量測定法の進展と課題
2P16	三木 志津帆（水産研）他	2018-2022年夏季の日本海における海水中のトリチウム濃度分布
2P17	吉田 剛（KEK）他	大規模陽子加速器施設で使用された電源ケーブル被覆中の ³⁶ Clの定量に向けた基礎的検討
2P18	増田 康人（広島大）他	アクチノイド化合物に向けた高精度相対論的CASPT2プログラムの開発
2P19	稲垣 誠（京大）他	赤外線ファイバーレーザーによるフラーレンの生成と放射性核種内包に向けた基礎実験
2P20	太田 朗生（千代田テクノル）他	^{64,67} Cu製造のためのZnターゲット回収法およびペレット作成法の検討
2P21	福島 美智子（石巻専修大）他	野生ニホンザル（ <i>Macaca fuscata</i> ）の食物の中性子放射化分析とその摂取量の推定
2P22	矢永 誠人（静岡大）他	ポーリングコアの放射性セシウム濃度の測定結果から見た熱海市における土石流災害
2P23	田上 恵子（量研）他	我が国の校庭等の土壌中の天然放射性核種濃度と空間線量率について
2P24	楊 波（ECUT）他	原子力発電所の低レベル放射性廃棄物中の放射性核種の分析に関する考察

*一人1分で発表

<16:40-17:30 ポスター発表 学士会館ラウンジ>

著者・講演タイトルの詳細はポスター発表欄参照

9月22日（金） B会場（学士会館）

< B会場 10:00-11:00 原子力・アクチノイド化学及び関連分野（1）>

座長：風間 裕行（日本原子力研究開発機構）>

10:00[2B01] 原子炉過酷事故時に於ける燃料熔融反応のその場測定技術の開発 (1)装置開発と加熱試験

Development of in-situ measurement technology for fuel melting reactions during severe reactor accidents (1) Device development and heating test

*小無 健司¹、松尾 悟¹、有田 裕二²、新納 圭亮²、生田 陸人²、矢板 毅³、谷田 肇³、小林 徹³、福田 竜生³、小畠 雅明³、伊藤 あゆみ⁴、吉田 健太¹ (1. 東北大学、2. 福井大学、3. 日本原子力研究開発機構、4. 東京工業大学)

9月22日

10:20[2B02] 原子炉過酷事故時に於ける燃料溶融反応のその場測定技術の開発(2)解析
Development of in-situ measurement technology for fuel melting reactions during severe reactor accidents (2) Data Analysis
*伊藤 あゆみ¹、小無 健司²、松尾 悟²、有田 裕二³、新納 圭亮³、生田 陸人³、矢板 毅⁴、谷田 肇⁴、小林 徹⁴、福田 竜生⁴、小島 雅明⁴ (1. 東京工業大学、2. 東北大学、3. 福井大学、4. 日本原子力研究開発機構)

10:40[2B03] (Zr, Ce)O₂ 固溶体の溶解挙動の考察
Solubility of Zirconium-Cerium Oxide Solid Solutions in Aqueous Systems
*小林 大志¹、池田 篤史²、松村 大樹²、佐々木 隆之¹ (1. 京都大学大学院、2. 日本原子力研究開発機構)

< B会場 11:10-12:10 原子力・アクチノイド化学及び関連分野 (2) >

座長：小林 大志 (京都大学) >

11:10[2B04] 質量分析による高精度アクチノイド分析のためのアクチノイド相互分離
Mutual Actinide Separation for High Accurate Actinide Analyzes by Mass Spectrometry
*Ikhwan Fauzia Hanum¹、風間 裕之²、阿部 千景³、小無 健司³、中瀬 正彦¹、鈴木 達也⁴ (1. 東京工業大学、2. 日本原子力研究開発機構、3. 東北大学、4. 長岡技術科学大学)

11:30[2B05 若手] ICP-MS/MS のリアクションセル内におけるアクチノイド気相反応の反応定数評価
Estimation of Reaction Constants of Actinide Ions with O₂ in Reaction Cell in Triple Quadrupole Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
*風間 裕行¹、小無 健司²、鈴木 達也³、関尾 佳弘¹、前田 宏治¹、小山 真一¹、阿部 千景²、永井 康介² (1. 日本原子力研究開発機構、2. 東北大学、3. 長岡技術科学大学)

11:50[2B06 若手] 多段分離型 ICP-MS によるアクチノイド同位体の一斉検出
Simultaneous determination of actinide isotopes by inductively coupled plasma-mass spectrometry method incorporating cascade separation steps
*松枝 誠^{1,2}、川上 智彦³、照山 優子³、寺島 元基¹、飯島 和毅¹、古川 真^{2,4}、高貝 慶隆² (1. 日本原子力研究開発機構、2. 福島大学、3. 株式会社 化研、4. PerkinElmer Japan 合同会社)

< B会場 12:10-12:40 昼休み >

< B会場 12:40-13:40 核化学部会総会 >

< B会場 13:40-15:00 核医学・生物関連放射化学 >

座長：鷲山 幸信 (福島県立医大) >

13:40[2B07] ²¹¹At 分析装置の感度補正法の開発
Development of a correction method for an analyzer of ²¹¹At
*瀬川 麻里子¹、前田 亮¹、藤 暢輔¹、西中 一朗² (1. 日本原子力研究開発機構、2. 量子科学技術研究開発機構)

14:00[2B08 若手] Rn/At ジェネレーターにおけるラドンの気相回収条件の最適化について
Optimization of Conditions for Gas Phase Recovery of Radon for the Rn/At Generator
*田中 皐¹、清水 悠介¹、井田 朋智¹、西中 一朗²、浅井 雅人³、横山 明彦¹ (1. 金沢大学、2. 量研機構、3. 原子力機構)

14:20[2B09] アスタチン化学種の揮発性
Volatility of astatine chemical species
*西中 一朗¹、橋本 和幸² (1. 量子科学技術研究開発機構、2. 日本原子力研究開発機構)

14:40[2B10 若手] 熱化学転換法で溶解させた ThO₂ 溶液からの MgCO₃ を用いた Ra の抽出と照射ターゲット生成
Extraction of Ra and Target Fabrication Method for Neutron Irradiation by Magnesium Carbonate Co-precipitation from ThO₂ solution dissolved by thermochemical conversion
*尹 鳳¹、麻 卓然¹、田端 千紘²、福谷 哲²、外山 真理²、山村 朝雄²、鈴木 達也¹ (1. 長岡技術科学大

9月22日

学、2. 京都大学複合原子力科学研究所)

9月22日(金) C会場(教育学部K棟K109講義室)

<C会場12:10-12:40 昼休み>

<C会場12:40-13:40 原子力化学・アクチノイド化学部会総会>

9月22日(金) ポスター発表

[核化学]

- [2P01 若手] 高速中性子によるRI製造のための中性子スペクトルと励起関数の検証
Verification of Neutron Spectrum and Excitation Functions for Radioisotope Production using Fast Neutrons
*高村 怜士¹、後藤 真一¹、菊永 英寿²、長 泰秀¹ (1. 新潟大学大学院 自然科学研究科、2. 東北大学 ELPH)
- [2P02] ノーベリウムシュウ酸カルシウム共沈
Coprecipitation of nobelium with calcium oxalate
中西 諒平^{1,2}、*笠松 良崇^{1,2}、大高 咲希^{1,2}、渡邊 瑛介^{1,2}、板倉 悠大^{1,2}、王 瑞麟^{1,2}、益田 遼太郎^{1,2}、金子 政志¹、羽場 宏光²、重河 優大²、南部 明弘²、殷 小杰²、横北 卓也³、篠原 厚^{1,4} (1. 大阪大学、2. 理化学研究所、3. サレジオ高専、4. 大阪青山大学)
- [2P03] 等温ガスクロマトグラフ法による106番元素Sgの気相化学研究に向けたモデル実験
Model Experiments for Gas-Phase Chemical Studies of Element 106, Seaborgium, using Isothermal Gas Chromatography
*名取 日菜^{1,2}、佐藤 哲也^{1,2}、浅井 雅人²、伊藤 由太²、内馬場 優太^{1,2}、Gong Gyeongmin^{1,2}、塚田 和明²、宮地 優太^{1,2}、永目 諭一郎² (1. 茨城大学大学院理工学研究科量子線科学専攻、2. 日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター極限重元素核科学研究グループ)
- [2P04 若手] 核医学応用に向けた高周期pブロック元素のDOTAM錯体合成とその理論計算
Synthesis and theoretical study of heavier p-block DOTAM complexes for use to nuclear medicine therapy
*青戸 宏樹¹、永田 光知郎¹、金子 政志¹、前田 遥香¹、川岸 英峻²、笠松 良崇¹ (1. 阪大院理、2. 阪大理)
- [2P05] $^{nat}\text{Te}(\gamma, n)^{125}\text{Sb}$ 反応によるSb-125の製造
Production of Sb-125 by $^{nat}\text{Te}(\gamma, n)^{125}\text{Sb}$ reaction
*横北 卓也¹、本多 佑記¹、菊永 英寿¹ (1. 東北大学)
[原子核プローブ]
- [2P06 若手] メスbauer分光法によるRコンドライトPCA91002中鉄含有鉱物組成の研究
Study on the composition of iron-bearing mineral in R chondrite PCA91002 by Mössbauer spectroscopy
*石井 勇希¹、中川 真由、古川 未来¹、海老原 充²、佐藤 渉¹ (1. 金沢大学、2. 東京都立大学)
[環境放射能]
- [2P07] 47都道府県に設置されたモニタリングポストの精度管理調査結果
National quality control survey results for air dose rate meters installed at monitoring stations in 47 prefectures
*杉山 翠¹、細田 芽生¹、田中 博幸¹、磯貝 啓介¹ (1. 公益財団法人 日本分析センター)
- [2P08] 電気化学的手法を用いた環境水中のヨウ化物イオンの選択的定量法の開発
Development of selective determination of iodide ions in environmental water using electrochemical methods
中村 司¹、*山崎 信哉¹、西塚 魁斗¹、坂口 綾¹、高久 雄一¹、末木 啓介¹ (1. 筑波大学)
- [2P09] 陽イオン界面活性剤を用いたセシウム137吸着鉱物の除染効果の経時変化

9月22日

Time course of decontamination effect of cesium-137 adsorbed minerals using cationic surfactants.

*松嶋 亮人¹、中島 覚¹ (1. 広島大学自然科学研究支援開発センター)

[2P10] X線吸収分光法による模擬風化処理した雲母中ウランのスペシエーション

Speciation of uranium in artificially weathered mica by X-ray absorption spectroscopy

*蓬田 匠¹、東 晃太郎²、河村 直己²、北辻 章浩¹、高橋 嘉夫³ (1. 日本原子力研究開発機構、2. 高輝度光科学研究センター、3. 東京大学)[2P11 若手] 多摩川本流における存在形態分析を用いた底質中¹³⁷Csの移行調査Investigation of ¹³⁷Cs migration in sediment of in the mainstream of the Tama River using chemical state analysis*清水 優伸¹、高橋 亘¹、加世田 大雅²、小池 裕也¹ (1. 明治大学 理工学部、2. 明治大学院 理工学研究科)

[2P12 若手] 多摩川集水域宿河原における河川水及び底質中放射性セシウム濃度の定点観測

Fixed-point observation of radioactive cesium concentration in river water and bottom sediments sampled at Shukugawara in the Tama River watershed.

*高橋 亘¹、清水 優伸¹、加世田 大雅²、小池 裕也¹ (1. 明治大学 理工学部、2. 明治大学院 理工学研究科)

[2P13 若手] 赤城大沼における夏季・冬季成層化における放射性セシウム濃度の変動

Variation of radiocesium concentration during summer and winter stratification in Akagi Onuma

*大鳥 慎治¹、藤田 知樹¹、阿久津 崇²、鈴木 究真²、塩澤 佳奈子²、杉本 亮³、長尾 誠也¹ (1. 金沢大学、2. 群馬県水産試験場、3. 福井県立大学)

[2P14] 熱感応性界面活性剤の相分離現象による金属酸化物微粒子の抽出

Extraction of metal oxide particles by phase-separation phenomenon of thermosensitive surfactants

*中川 太一^{1,2}、松枝 誠¹、寺島 元基¹、高貝 慶隆² (1. 日本原子力研究開発機構、2. 福島大学)

[2P15 若手] 電子スピン共鳴による野生動物の歯を用いた線量測定法の進展と課題

Progress and problems in dosimetry using electron spin resonance in wild animal teeth

*光安 優典¹、岡 壽崇²、高橋 温³、木野 康志¹、関根 勉⁴、山下 琢磨⁴、清水 良央⁵、千葉 美麗⁵、鈴木 敏彦⁵、小坂 健⁵、佐々木 啓一⁵、鈴木 正敏⁶、福本 学⁷、篠田 壽⁵ (1. 東北大学大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構、3. 東北大学病院、4. 東北大学高度教養教育・学生支援機構、5. 東北大学歯学部、6. 東北大学災害科学国際研究所、7. 理化学研究所)

[2P16] 2018-2022年夏季の日本海における海水中のトリチウム濃度分布

Tritium concentration in sea water in the Japan Sea, summer 2018-2022

*三木 志津帆¹、東畑 顕¹ (1. 水産研究・教育機構 水産資源研究所)

[原子力・アクチノイド化学及び関連分野]

[2P17] 大規模陽子加速器施設で使用された電源ケーブル被覆中の³⁶Clの定量に向けた基礎的検討Fundamental study for quantification of ³⁶Cl activity in power cable jackets used in large proton accelerator facility at KEK*吉田 剛¹、豊田 晃弘¹、石田 正紀¹、山崎 翔太²、三橋 正裕²、Bui Thien⁴、西川 功一³、津金 聖和¹、山田 正明²、八島 浩⁵、松村 宏¹、渡邊 瑛介¹、中村 一¹、塩原 良建²、大石 晃嗣²、樹本 和義¹、三浦 太一¹、別所 光太郎¹ (1. 高エネルギー加速器研究機構、2. 日本環境調査研究所、3. 量子科学技術研究開発機構、4. 総合研究大学院大学、5. 京都大学)

[2P18] アクチノイド化合物に向けた高精度相対論的CASPT2プログラムの開発

Development of a high-precision relativistic CASPT2 program for actinide compounds.

*増田 康人¹、野田 紘平¹、岩室 寿美果³、櫻野 理子²、阿部 穰里¹ (1. 広島大学大学院 先進理工系科学研究科、2. 広島大学、3. 東京都立大学大学院 理学研究科)

[核医学・生物関連放射化学]

[2P19] 赤外線ファイバーレーザーによるフラレーンの生成と放射性核種内包に向けた基礎実験

Fundamental experiments for the production of radionuclide endohedral fullerenes using an infrared fiber laser

9月22日

*稲垣 誠¹、秋山 和彦²、大槻 勤¹ (1. 京都大学、2. 東京都立大学)

[2P20] ^{64,67}Cu 製造のための Zn ターゲット回収法およびペレット作成法の検討

Investigation of Zn target recovery and pellet preparation method for ^{64,67}Cu production

*太田 朗生¹、川端 方子¹、高島 直貴¹、本石 章司¹、佐伯 秀也¹、塚田 和明²、橋本 和幸²、永井 泰樹¹、本村 新¹ (1. 株式会社千代田テクノ、2. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

[放射化分析及び放射性核種の分析化学]

[2P21] 野生ニホンザル (*Macaca fuscata*) の食物の中性子放射化分析とその摂取量の推定

Estimation of trace element intake and mineral balance of wild Japanese macaques (*Macaca fuscata*) by neutron activation analysis

*福島 美智子¹、辻 大和¹ (1. 石巻専修大学)

[2P22] ポーリングコアの放射性セシウム濃度の測定結果から見た熱海市における土石流災害

Debris flow disaster in Atami City, as suggested by the measurements of radioactive cesium concentration in drilling core samples

*矢永 誠人¹、北村 晃寿¹ (1. 静岡大学)

[環境放射能]

[2P23] 我が国の校庭等の土壤中の天然放射性核種濃度と空間線量率について

Correlations between activity concentrations of natural radionuclides in soils collected from campuses of Japanese schools and air dose rates

*田上 恵子¹、内田 滋夫¹ (1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)

[放射化分析及び放射性核種の分析化学]

[2P24] 原子力発電所の低レベル放射性廃棄物中の放射性核種の分析に関する考察

Discussion on the Analysis of Radionuclides in the Radioactive Waste Stream of a Nuclear Power Plant

*楊 波¹、劉 義保¹、楊 凡¹ (1. East China University of Technology)

懇親会

18:30~20:30

(グランラッセー東広島)

9月23日

第3日 2023年9月23日(土)

9月23日(土) A会場(サタケメモリアルホール)

<A会場09:00-9:50 特別講演 座長:小林義男(電気通信大学)>

09:00[3S01] 佐野博敏先生を偲ぶ

Remembering Professor Hirotoshi Sano

*片田 元己¹ (1. 東京都立大学)

<A会場10:00-11:00 その他(境界分野への放射化学の新展開など)

座長:秋山 和彦(東京都立大学)>

10:00[3A01] 若手] CdTe 検出器を用いた負ミュオンによる考古学試料の3D元素イメージングの開発

Development of 3D elemental imaging for archeological artifacts by negative muon using CdTe-DSD

*邱 奕寰¹、大澤 崇人¹、武田 伸一郎³、桂川 美穂³、高橋 忠幸³、渡辺 伸⁴、水本 和美⁵、齋藤 努⁶、久保 謙哉⁷、梅垣 いづみ⁸、下村 浩一郎⁸、二宮 和彦² (1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、2. 大阪大学、3. 東京大学、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 東京藝術大学、6. 国立歴史民俗博物館、7. 国際基督教大学、8. 高エネルギー加速器研究機構)

10:20[3A02] 3D-CAD/CG及びメッシングを用いた放射線輸送計算空間への複雑なトポロジーの体系設計

Systematic design of complex topologies into a Monte Carlo simulation space for particle radiation transport using general-purpose 3D-CAD/CG and meshing solutions

*阪間 稔¹、佐瀬 卓也²、矢野 隼輝¹、横田 健斗³ (1. 徳島大学、2. 核融合科学研究所、3. 国立がん研究センター東病院)

10:40[3A03] 若手] 鉄鉱物の化学状態の変化に伴う環境中でのヒ素及びウランの移行・濃集挙動の解明

A study on the migration of arsenic and uranium in environment through iron minerals transformation

*徳永 紘平¹、高橋 嘉夫²、香西 直文¹ (1. 日本原子力研究開発機構、2. 東京大学)

<A会場11:10-12:10 原子力・アクチノイド化学及び関連分野(3)

座長:金子 政志(大阪大学)>

11:10[3A04] ジグリコールアミド酸型配位子保持リポソーム系におけるEu吸着挙動と化学量論の解明

Elucidation of Eu adsorption behavior and stoichiometry in diglycolamide-type ligand-retaining liposome systems

*清水 壮太¹、山崎 信哉²、坂口 綾²、高久 雄一²、末木 啓介² (1. 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群、2. 筑波大学 数理物質系)

11:30[3A05] 若手] マイナーアクチニド抽出配位子の迅速設計に向けた電子状態データベースの構築

Electronic structure database for fast screening minor actinide extractants

*住吉 剛¹、黒木 菜保子^{1,2}、森 寛敏¹ (1. 中央大学、2. JST ACT-X)

11:50[3A06] ²²⁸Acを用いたAc溶媒抽出の検討~pH条件下での抽出挙動~

Investigation of Ac solvent extraction using ²²⁸Ac ~extraction behavior in pH condition~

*白崎 謙次¹、宮脇 琢斗¹、中瀬 正彦² (1. 東北大学、2. 東京工業大学)

<A会場12:10-12:40 昼休み>

<A会場12:40-13:40 原子核ブローブ部会総会>

<A会場13:40-15:00 原子力・アクチノイド化学及び関連分野(4)

座長:鈴木 達也(長岡技術科学大学)>

13:40[3A07] ジオポリマーに封じ込められたSrとCsの固定化メカニズム

Immobilization mechanism of Sr and Cs encapsulated in geopolymer

9月23日

*木下 哲一¹、中島 均¹、鳥居 和敬¹、佐々木 勇氣¹、半沢 守¹ (1. 清水建設(株))

14:00[3A08] EDTA 滴定によるウラン溶液の高精度値付け法の開発

Development of precise value assignment method of Uranium solution by EDTA titration

*三浦 勉¹、高宮 幸一²、福谷 哲² (1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 京都大学複合原子力科学研究所)

14:20[3A09] 陽イオン交換クロマトグラフィー法を用いたリチウム同位体交換機構に関する平衡論的研究

Equilibrium study on mechanisms of lithium isotope exchange reactions using cation exchange chromatography

*立花 優¹、Kalak Tomasz²、田中 将裕³ (1. 長岡技術科学大学、2. Poznan University of Economics and Business、3. 核融合科学研究所)

< A会場 14:50-16:10 環境放射能 (4) >

座長: 栗原 雄一 (長岡技術科学大学) >

14:50[3A10] アクチノイドの土壌間分配係数: 日本の土壌における ²³⁷Np と ²³⁹Pu の異なる環境移動性Soil-soil distribution coefficients of actinides: indication of different environmental mobility of ²³⁷Np and ²³⁹Pu in Japanese soils*鄭 建¹、田上 恵子¹、内田 滋夫¹ (1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)

15:10[3A11] 粘土鉱物における Eu 吸着についての顕微的手法による直接解析

Direct analyses of Eu sorption on clay minerals by microscopic techniques

*向井 広樹¹、Mei Huiyang²、青柳 登²、高橋 嘉夫¹ (1. 東京大学大学院、2. 原子力機構)

15:30[3A12] 千葉市で採取した大気浮遊じん中 Cs-137 の高感度分析による実効半減期評価及び季節変動解析

The evaluation of effective half-lives and analysis of seasonal variation by high sensitivity analysis of Cs-137 in airborne particulates sampled in Chiba City

*杉山 翠¹、岡山 杏菜¹、飯田 素代¹、宮田 賢¹、田中 博幸¹、新田 済¹、磯貝 啓介¹ (1. 公益財団法人日本分析センター)

15:50[2A07] 福島県富岡川のアユに含まれる Cs-137 濃度について

Concentrations of Cs-137 in an algae grazing annual fish, ayu *Plecoglossus altivelis* collected from Tomioka River in Fukushima Prefecture.*森田 貴己¹、和田 敏裕²、高田 兵衛²、金指 努²、難波 謙二² (1. 水産研究・教育機構 水産資源研究所、2. 福島大学)

< A会場 16:10-16:30 閉会式・若手優秀発表表彰式 中島 覚 (広島大学) >

9月23日(土) B会場(学代会)

< B会場 10:00-11:00 原子核プローブ (1) >

座長: 佐藤 渉 (金沢大学) >

10:00[3B01 若手] Ta/Nb 原子ドーピングによるヘマタイトのモーリン転移温度の除去

Elimination of Morin Transition temperature of Hematite by Ta/Nb atom doping

*Habibur Rahman¹、中島 覚^{1,2} (1. 広島大学大学院、2. 広島大学自然科学基礎研究開発センター)

10:20[3B02 若手] シアノ架橋高分子錯体中の金属サイト周辺の局所構造分析プローブとしてのメスバウアー分光法

Mössbauer spectroscopy for analysis of metal site in cyano-bridged coordination polymer

*北清 航輔¹、北澤 孝史¹、小林 康浩²、北尾 真司²、瀬戸 誠² (1. 東邦大学、2. 京都大学)10:40[3B03] ⁶¹Ni メスバウアー分光法によるホフマン型配位高分子錯体化合物の研究⁶¹Ni Mössbauer Spectroscopy for Hofmann-like Coordination Polymer Compounds*北澤 孝史¹、北清 航輔¹、小林 康浩²、北尾 真司²、窪田 卓見²、瀬戸 誠² (1. 東邦大学、2. 京都大学)

< B会場 10:00-11:00 原子核プローブ (2) >

座長: 北澤 孝史 (東邦大学) >

9月23日

- 11:10[3B04] 水熱合成法によるオキシ水酸化鉄ナノ粒子の合成と光触媒反応
Formation of Iron Oxyhydroxide Nanoparticles Using Hydrothermal Synthesis and Their Photocatalytic Reaction
バスキ トリヨノ²、ラフマン ハビブル¹、ウィジャヤント ヘリ³、*中島 覚¹ (1. 広島大学、2. インドネシア国家研究イノベーション庁、3. スラバヤ州立大学)
- 11:30[3B05] Cd_xFe_{3-x}O₄の磁性の時間変動と温度履歴
Time variation and temperature hysteresis of magnetism in Cd_xFe_{3-x}O₄
*佐藤 渉¹、伊東 泰佑¹、平原 響¹ (1. 金沢大学)
- 11:50[3B06] 負ミュオン寿命法による鉄中微量炭素の非破壊深度分布分析法の日本刀への適用
Non-destructive depth-profiling of trace carbon in iron by negative muon lifetime method applied to Japanese sword
*久保 謙哉¹、二宮 和彦²、稲垣 誠³、吉田 剛⁴、竹下 聡史⁴、河村 成肇⁴、ストラッサー パトリック⁴、三宅 康博⁴、伊藤 孝⁵、髭本 亘⁵、齋藤 努⁶ (1. ICU、2. 阪大、3. 京大、4. 高エネ研、5. 原研、6. 歴博)

< B会場 12:10-12:40 昼休み >

< B会場 12:40-13:40 教育部会総会 >

< B会場 13:40-14:40 教育関連 (1) >

座長：大浦 泰嗣 (東京都立大学)、横山 明彦 (金沢大学) >

- 13:40[3B07 招待] 広島大学における平和科目としての放射線教育
Radiation Education as a Peace Subject at Hiroshima University
*高橋 徹¹ (1. 広島大学先進理工系科学研究科)
- 14:00[3B08] STEAM教育手法を活用し、エネルギー・環境問題を基盤とした原子力人材育成の現状と課題
Present status of human resource development for energy & environment issues using STEAM education methods
*大矢 恭久¹、栢野 彰秀²、濱田 栄作³、熊野 善介¹ (1. 静岡大学、2. 島根大学、3. 琉球大学)
- 14:20[3B09] 国際化学オリンピックでの放射化学関連テーマの出題
Quiz on radiochemistry and its applications in over 50 occasions in International Chemistry Olympiad for high school students
*薬袋 佳孝¹ (1. 武蔵大学)

< B会場 14:50-15:55 教育関連 (2) >

座長：末木 啓介 (筑波大学)、篠原 厚 (大阪青山大学) >

- 14:50[3B10] 日本大学文理学部化学科学生実験での放射化学教育
Education of radiochemistry in student experiments at the Department of Chemistry, College of Humanities and Science, Nihon University.
*小林 貴之¹、山形 武靖^{2,1} (1. 日本大学、2. 東京大学 MALT)
- 15:10[3B11] 臨床検査技師国家試験問題をういた放射化学教育
Development of clinical laboratory technologist national examination questions to radiochemistry education
*北澤 孝史¹ (1. 東邦大学)
- 15:30[3B12 招待] 広島大学「放射線災害復興を推進するフェニックスリーダー育成プログラム」について
History of the "Phoenix Leader Education Program (Hiroshima Initiative) for Renaissance from Radiation Disaster"
*林田 耕臣¹ (1. 広島大学)

「放射化学」規程など

「放射化学」編集委員会規程

(名称)

第 1 条 この規程は、一般社団法人日本放射化学会（以下「本会」という。）定款第 36 条に基づき、本会の和文誌「放射化学」の「放射化学」編集委員会を設置し、その運営に当たるために定める。

(編集委員会)

第 2 条 編集委員会は、編集委員長 1 名、編集担当理事 1 名、並びに編集委員約 5 名で構成する。編集委員長は、前委員長の推薦により選任され、理事会の承認を得て、会長が任命する。編集委員は、編集委員長の推薦により選任され、理事会の承認を得て会長が委嘱する。

第 3 条 編集委員長および編集委員の任期は 2 年とし、重任を妨げない。

第 4 条 編集委員会は、次の事項について企画・審議し、「放射化学」の継続的な発行を行う。

(1) 「放射化学」の編集および発行に関すること

(2) 「放射化学」への投稿論文の審査に関すること

(「放射化学」誌の発行)

第 5 条 本会は「放射化学」を 1 年に 2 回発行し、それぞれ異なる巻数を割り振る。

(論文の審査)

第 6 条 編集委員会は、「放射化学」へ投稿された論文に対して、担当編集委員 1 名を決定する。審査を要する記事については、担当編集委員は審査員 1 名を選出し、審査を依頼する。

第 7 条 論文審査の手続きは、別に定める「放射化学」投稿論文審査内規による。

第 8 条 本規定の改定は理事会の決議による。

付則 この規程は、2023 年 4 月 1 日から施行する。

「放射化学」発行規程

(目的)

第 1 条 「放射化学」は、一般社団法人日本放射化学会（以下「本会」という。）の目的を達成するために、(i) 放射化学並びにその関連領域における重要な進歩を含む学術論文と (ii) 会員および関連分野の研究者にとって有益な最新トピックスをまとめた記事を掲載する。

(「放射化学ニュース」との関係)

第 2 条 「放射化学」は日本放射化学会和文誌「放射化学ニュース」(2012 年まで発行、第 26 号が最終号) の後継誌であり、創刊年は 2013 年、巻数は第 27 巻からの発行とする。

(掲載記事)

第 3 条 「放射化学」は審査付き論文とそれ以外の放射化学関連分野の最新トピックスを掲載する。前者には、原著論文、総説論文、短報の各欄を設け、後者はこれまでの「放射化学ニュース」を引き継ぎ、様々な記事を積極的に掲載する。

1. 審査付き論文

- 1-1. 原著論文は、新規な内容にもとづき論理的に明瞭な結論を含む学術論文をいう。
- 1-2. 総説論文は、当該分野のこれまでの研究の進展を専門的な立場から解説する学術論文とする。
- 1-3. 短報は、重要な研究成果を含んだ短い学術論文で、編集委員会は特に迅速な公表を行う。
- 1-4. この他に、編集委員会が認めた場合、上記以外の学術情報を掲載することがある。

2. 審査付き論文以外の記事

上記審査付き論文以外は固定した枠にとられない内容とし、主に各種特集記事、解説、トピックス、学位論文要録、施設だより、学会だより、研究集会だより（国内・国外）、情報プラザなどを掲載する。

3. 審査付き論文（第3条第1項）の「投稿規則」を別途「放射化学」投稿規則に定めるが、審査付き論文以外の記事（第3条第2項）に関する投稿規則は特に定めず、編集委員会の編集方式に従う。

付則 この規程は、2021年4月1日から施行する。

「放射化学」投稿規則

本規則は、一般社団法人日本放射化学会（以下「本会」という。）「放射化学」論文発行規程に基づき、編集委員会にて論文の投稿指針として制定するものである。

（投稿論文と依頼論文）

第1条 論文は投稿によるものと編集委員会からの依頼によるものとする。

（著者）

第2条 著者は本会会員であることを要しない。

（原稿の作成）

第3条 使用言語は日本語とする。

第4条 投稿論文の作成は、別に定める「放射化学」投稿の手引き」（以下「投稿の手引き」という。）に従うものとする。

（論文の受け付け）

第5条 原稿が、「投稿の手引き」に定める「投稿先」に到着した日付けをもって、論文の受付日とする。

（審査）

第6条 編集委員会は、査読者を委嘱して論文の掲載に関する意見を求め、掲載の可否に関する審査を行う。掲載可となった日付をもって受理日とする。投稿によるものと依頼によるものに関わらず、編集委員以外の査読者の意見を参考として、編集委員会が掲載の可否を決定する。

（論文の掲載）

第7条 掲載可となった論文は、速やかに論文誌上および論文誌 web サイトに掲載する。

（掲載料、別刷り）

第8条 論文の掲載料は徴収しない。別刷りを作成する場合には実費を著者負担とする。

（原稿料）

第9条 編集委員会の依頼による論文については原稿料を支給することがある。

（著作権）

第10条 論文誌に掲載された全ての論文の著作権は本会に帰属する。原著論文、総説論文、短報については、著者は論文受理後速やかに「著作権譲渡同意書」を本会に提出しなければならない。

（本規則の改定）

第 11 条 本規則の改定には理事会の決定を要する。

付則 この規則は、2021 年 4 月 1 日から施行する。

「放射化学」投稿の手引き

1. はじめに

この「投稿の手引き」は一般社団法人日本放射化学会（以下「本会」という。）和文誌「放射化学」論文投稿規程に基づき、編集委員会にて原稿の作成の指針として制定されたものである。

2. 投稿に際しての注意事項

- 1) 採否が決定するまで同一趣旨の論文を他誌に投稿してはならない。
- 2) 他誌に投稿中の論文を投稿してはならない。
- 3) 投稿後の著者に関する変更は認めない。
- 4) 図版を転載する場合は、著者にて転載許可を著作権者より得なければならない。
- 5) 投稿原稿は以下の「3. 原稿作成時の注意事項」に従って作成し、その電子ファイル（PDF ファイル、MS-Word ファイルなどが望ましい）を編集委員会に電子メールにより送付する。到着次第、編集委員長より受付日が記載された受け取りの電子メールが送付される。

3. 原稿作成時の注意事項

- 1) (原稿の構成) 原稿は以下の順でそれぞれ改ページして編成する。(1) 表紙(論文題名、著者名、研究の行われた機関、同所在地などを記す。)、(2) 要旨およびキーワード(5つ程度)、(3) 本文、(4) 引用文献、(5) 表、(6) 図、(7) 図の説明文。
- 2) (原稿の形式) A4 用紙を縦方向として、横書きに印字し、1 ページに 25 行程度とする。
- 3) (原稿の長さ) 短報以外は制限を設けない。短報は図表を含めて刷り上り 4 ページ以内を原則とする。なお刷り上がり 1 ページは約 2000 字であり、図・表は 1 枚につき 500 字とカウントする。
- 4) (要旨) 要旨として英文要旨(250 語以内)および和文要旨(400 字以内)の両方をつけること。
- 5) (引用の形式) 番号順とする。最初に引用された箇所の順で引用文献を並べる。引用文献の記載方法はアメリカ化学会発行の雑誌と同形式とする。なお本形式は本会の Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences 誌と同様である。
- 6) (表) 表は説明も含めて英文で作成する。本文中では Table として引用する。
- 7) (図) 図は説明も含めて英文で作成する。本文中では Fig. として引用する。なお投稿時のファイルサイズは 10 Mbyte を超えないこと。
- 8) (その他) 図表などの数値や軸の表記では物理量 / 単位の形式をとることとし、物理量(単位)の表記は用いない。(例: Time/min とし、Time (min) は用いない。)
- 9) (カラーの図表) カラーの図表を掲載する場合には、実費を著者負担とする。なお、論文誌 web サイト公開用の PDF 版のみ無料でカラーとすることができる。
- 10) (注意事項) 上記に著しく逸脱した原稿については、受け付けないで返却することがある。

4. 校正および論文誌発行後の正誤訂正

- 1) 著者校正は 1 回行う。返送期日に著しく遅れた場合には編集委員会の校正のみで校了とする。
- 2) 発行後 6 ヶ月以内に著者から訂正の申し出があった場合には、正誤訂正に関する記事を掲載することがある。

5. 投稿先

〒 770-8509 徳島県徳島市蔵本町 3-18-5
徳島大学医学部保健学科 阪間 稔 編集委員長
Fax: 088-633-9862
e-mail: minorusakama@tokushima-u.ac.jp
houshakagaku@radiochem.org

学位論文要録執筆候補者の推薦について

「学位論文要録」欄では、最近 2 年間の範囲で博士の学位を授与された会員の方々の学位論文内容を抄録の形で掲載致しております。現代の放射化学およびその関連領域における進歩についての情報を読者の方々に提供することが主な目的であります。しかし、編集委員会が広範な領域で活躍されている執筆候補者につきまして、遺漏なく情報を得ることは困難であります。このため、会員の皆様に同欄の執筆候補者（学位取得者）を推薦いただきたく存じます。自薦・他薦は問いません。詳しくは編集委員会にご照会下さい。

☆ ☆ ☆

「会員の声」欄へのご寄稿のお願い

本誌では、学会や学会出版物に関する会員の皆様の意見を掲載するために、「会員の声」欄を設けております。1000 字以内（形式自由）におまとめいただき、編集委員会または学会事務局にお送り下さい。掲載の可否につきましては当方にご一任下さい。

☆ ☆ ☆

会員の異動に伴う連絡のお願い

会員の移動に伴い、所属、連絡先等に変更が生じた場合には、以下の web ページを参照し、事務局（jnrs@ac-square.co.jp）までご連絡下さい。

会員情報変更等の手続き：<http://www.radiochem.org/community/update.html>

放射化学

第 48 号

令和 5 年 (2023 年) 9 月 20 日発行

編集

一般社団法人 日本放射化学会編集委員会

委員長：阪間 稔、委員：佐藤 渉、鈴木 達也、井上 睦夫、藤 暢輔、
富田 純平

連絡先：〒 770-8509 徳島県徳島市蔵本町 3-18-15

徳島大学大学院 医歯薬学研究部保健科学部門 放射線理工学分野
阪間 稔 (e-mail: minorusakama@tokushima-u.ac.jp)

発行

一般社団法人 日本放射化学会

〒 590-0494 大阪市泉南郡熊取町朝代西 2 丁目 1010 番地

<http://www.radiochem.org/>

印刷

松枝印刷株式会社

〒 303-0034 茨城県常総市水海道天満町 2438

本誌掲載記事の著作権は一般社団法人 日本放射化学会に帰属します。

賛助会員

クリアパルス株式会社

株式会社千代田テクノ

仁木工芸株式会社

東京ニュークリア・サービス株式会社

東京パワーテクノロジー株式会社

長瀬ランダウア株式会社

株式会社日本環境調査研究所

富士電機株式会社

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ株式会社

株式会社テクノエーピー

株式会社化研

公益財団法人 原子力安全技術センター

新潟県放射線監視センター

公益社団法人 日本アイソトープ協会

公益財団法人 日本分析センター

公益財団法人 放射線影響協会

一般財団法人 放射線利用振興協会

九州電力株式会社

中国電力株式会社

中部電力株式会社

東京電力ホールディングス株式会社

北海道電力株式会社

PIONEER IN SPECTROSCOPY

アナログ測定技術で世界へ。

その他の製品はこちらのQRコードから→
検出器/プリアンプ/放射線測定器、他



お客様の安全を願って最良の個人線量測定サービスを提供

安心・安全をお届けする
「ガラスバッジ 個人線量測定サービス」
高精度の個人線量測定サービスを提供



ガラスバッジ

ガラスリング

放射線業務従事者
個人管理システム
「ACE GEAR (エースギア)」
各種データの一元管理で
法令に基づく個人線量管理を
やさしくサポート



簡単に半価層・
平均乳線量を測定
「マンモQC・測定サービス」
マンモグラフィ装置の精度管理が
簡単に行える



線量計測事業

いつも携帯できる手軽さと安心感
住民用 小型・軽量積算線量計
「D-シャトル」
データ・記録を残す小さな線量計
一日の積算線量と総積算線量を
自分の目で確かめられるから安心



型名: 23gと軽量!

独立研究開発法人 産業技術総合研究所
との共同開発製品

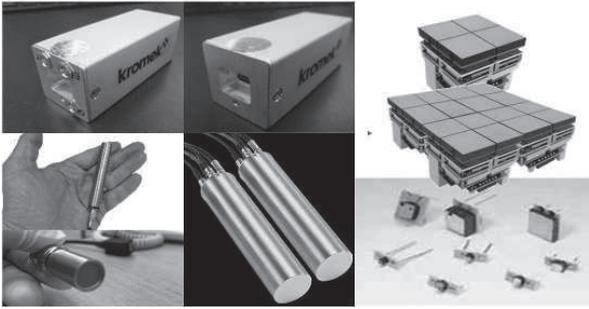
目の水晶体被ばく測定
「DOSIRIS® モニタリングサービス」
目のすぐ近くで装着でき
各種防護眼鏡にも対応



DOSIRIS: IRBNの登録商標 (国特許番号1293048) です

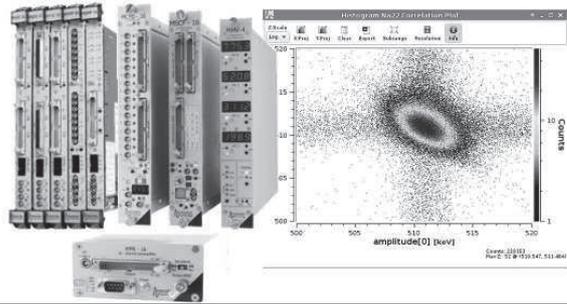
kromek
detect image identify

CdZnTe 半導体検出器



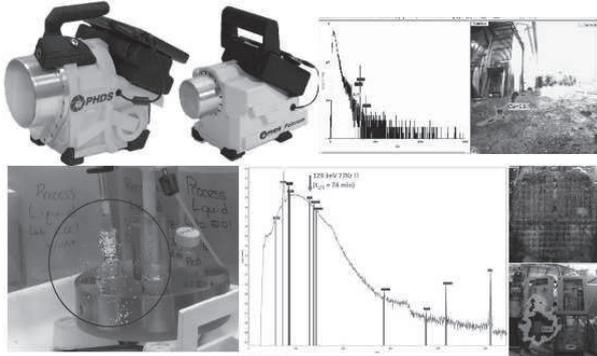
amesytec

NIM/VME Electronics



PHDS
Gamma Ray Imaging Detectors

Gamma Imager & Portable Ge



AMT TEK

X-ray detector(SDD/Si-pin/CdTe)



仁木工芸株式会社

〒140-0011 東京都品川区東大井 5-26-22
TEL 03-4218-4700 FAX 03-4212-3423
Email niki_sales@nikiglass.com

お困りではありませんか？

- サイクロ施設など**加速器施設の線量計算**や**放射化評価**をしたい！
- R I を使用した**化学実験**を代行して欲しい！
- 作業環境測定**など**法令に基づく放射線測定**を代行して欲しい！
- 放射線施設、サイクロトロン施設を廃止**したい！
- 施設を**変更許可申請**したいが業務が多忙のため代行して欲しい！
- サーベイメーター**を校正したい！
- 放射線障害予防規程**を見直したい！
- 放射線に係わる業務について**相談**したい！

そのお悩みTNSが解決いたします

安全設計・評価

- ◆ 施設設計
- ◆ 遮蔽設計
- ◆ 安全評価
- ◆ RI施設の許認可申請業務代行

施設の管理・運営

- ◆ 大規模施設の運用管理
- ◆ 放射線管理

研究及び技術開発サポート

- ◆ 研究サポート
- ◆ 技術開発サポート

受託試験研究

- ◆ 環境物質の分析、挙動解析
- ◆ トレーサー試験
- ◆ 解体廃棄物の物理特性試験

保守点検・工事

- ◆ 施設の保守・点検
- ◆ 施設の改造、解体工事
- ◆ サイクロトロン施設の廃止工事

分析・測定・校正サービス

- ◆ 放射能分析
- ◆ 現地における放射線測定
- ◆ サーベイメーターの実用校正

各種機器販売

- ◆ 放射線管理区域の空調機器の販売
- ◆ 放射線管理区域用機器の製造・販売



東京ニュークリア・サービス株式会社

詳しくは弊社WEBサイトまで！ <https://www.tokyo-nucl.co.jp>

東京本社	TEL 03(3831)7957	〒110-0016 東京都台東区台東1-3-5 反町ビル7F
東海事業センター	TEL 029(282)3114	〒319-1112 茨城県那珂郡東海村松村字平原3129-31
つくば開発センター	TEL 029(847)5521	〒300-2646 茨城県つくば市緑ヶ原4-19-2
関西事業所	TEL 078(570)5201	〒651-0096 兵庫県神戸市中央区雲井通4-2-2 マーク神戸ビル7F
六ヶ所事業所	TEL 0175(71)0710	〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾鉾字野附1-4
いわき営業所	TEL 0246(66)1210	〒979-0202 いわき市四倉町上仁井田字南姥田74-1

新型ハイブリッドサーベイメータ
RaySafe 452

FLUKE®
Biomedical



半導体とGM管を組み合わせ、
1台で様々な測定用途に対応可能！

As versatile as you are



LANDAUER®

RaySafe®

【お問い合わせ】  長瀬ランドウア株式会社 営業部

TEL:029-839-3322 FAX:029-836-8441
mail@nagase-landauer.co.jp
https://www.nagase-landauer.co.jp/



【製品情報】 フルークバイオメディカル

https://www.flukebiomedical.com/
products/radiation-measurement/
radiation-safety



ラジオアイソトープ(RI)取扱施設

RADIOISOTOPE(RI) HANDLING FACILITY

加速器取扱施設

ACCELERATOR HANDLING FACILITY

原子力施設

NUCLEAR POWER FACILITY

放射線モニタリング
施設の総合管理
施設・設備の設計・監理
放射能分析・測定
管理区域解除工事
コンサルタント業務
PET被験者管理システム

放射線管理
除染工事
放射能分析測定
原子力・核燃施設 D&D技術開発・事前調査・工事
コンサルタント業務

特殊施設管理技術の研究開発
放射線防護用品と機器の開発
除染関連技術の研究開発
研究・開発・調査業務の受託

技術開発・研究

TECHNOLOGY STUDY AND DEVELOPMENT

ALARA
As Low As Reasonably Achievable

JAPAN ENVIRONMENT RESEARCH CO., LTD.

 株式会社 **日本環境調査研究所**

ホームページ <http://www.jer.co.jp/>

本社：〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6 丁目 24-1
技術開発研究所：〒342-0008 埼玉県吉川市旭 8 番 3
青森営業所：Tel.0175-75-2130 東京営業所：Tel.048-991-9461
仙台営業所：Tel.022-715-6081 静岡営業所：Tel.0537-86-7176
柏崎営業所：Tel.0257-21-4868 掛川オフィス：Tel.0537-28-8181
福島営業所：Tel.0244-26-5245 名古屋営業所：Tel.052-588-5875
茨城営業所：Tel.029-860-5073 大阪営業所：Tel.06-4963-2500

Tel.03-5322-2271 Fax.03-5322-2272
Tel.048-991-9461 Fax.048-991-9460

作業環境測定機関11-4(放射性物質) ISO9001:2008認証

非密封放射性同位元素取扱施設(技術開発研究所)

管工事業/建具工事業/とび・土工事業/機械器具設置工事業

一般労働者派遣事業 高度管理医療機器等販売業・賃貸業

富士電機の放射線測定器

より正確に より簡単に

富士電機では、放射線管理システムをはじめ、放射線管理における様々な用途に応じた測定器類を取り揃えています。

〔取扱製品〕

放射線モニタリングシステム
 R I 排水管理システム
 出入管理システム
 非密封R I 管理システム
 従事者管理システム

各種サーベイメータ
 個人線量計／環境線量計
 モニタリングポスト
 ホールボディカウンタ
 体表面モニタ
 食品放射能測定システム
 その他



富士電機株式会社 放射線システム部

東京都日野市富士町1番地 〒191-8502 TEL 042 - 585 - 6024

<http://www.fujielectric.co.jp/> mail fric-info@fujielectric.co.jp

営業所

北海道	TEL 011-221-5482	東 北	TEL 022-716-0203
東 京	TEL 042-585-6024	中 部	TEL 052-746-1032
関 西	TEL 06-6455-3891	九 州	TEL 092-262-7844

電気冷却式
クライオスタット
(CP5)

インテリジェント・
クライオサイクル
(iCC)

ゲルマニウム
半導体検出器

Genie対応
機種同定
サーベイメータ
(SPIR-Ace
- GenieXport)

デジタルシグナル
アナライザ
(DSA-LX)

可搬型HPGe
スペクトロメータ
(Aegis)

低バックグラウンド
α/β自動計測システム (S6LB)

サービス&サポート、
トレーニング

ガンマ線分析システム
(ISOCS)

多チャンネル
低バックグラウンド
α/β計測システム
(LB4200)

MIRION
TECHNOLOGIES

放射化学のあらゆるニーズに
高い技術力と
最適な放射線測定システム
サービスでお応えします

ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ (株)

E-mail: jp-sales@mirion.com
 U R L : www.mirion.com/jp



公益財団法人 原子力安全技術センター

放射性同位元素等規制法に基づく登録機関業務

登録検査機関

問い合わせ先: 03-3814-7301

使用施設、貯蔵施設、廃棄施設等の施設検査・定期検査及び定期確認

登録定期確認機関

登録運搬物確認機関

問い合わせ先: 03-3814-7483

承認容器による輸送の運搬物確認

登録運搬方法確認機関

承認された積載方法による輸送の運搬方法確認

登録認証機関

問い合わせ先: 03-3814-7301

放射性同位元素装備機器の設計認証



登録資格講習機関

問い合わせ先: 06-6147-3580
03-3814-7100

第1種、第2種及び第3種の放射線取扱主任者免状取得のための講習

登録試験機関

問い合わせ先: 03-3814-7480

第1種及び第2種の放射線取扱主任者試験

登録特定放射性同位元素防護管理者定期講習機関

問い合わせ先: 03-3814-5746

特定放射性同位元素防護管理者の資質向上のための講習

登録放射線取扱主任者定期講習機関

問い合わせ先: 03-3814-5746

放射線取扱主任者の資質向上のための講習

私たちは放射性同位元素等規制法に基づく登録を受け、国に代わり、法令で定められた資格要件を備えた検査員、確認員、講師等によって業務を行っています。

〒112-8604

東京都文京区白山5丁目1番3-101号 東京富山会館ビル4階

ホームページ <https://www.nustec.or.jp/>

理工・ライフサイエンス部会

日本アイソトープ協会理工・ライフサイエンス部会は、科学技術の振興と国民生活の向上に寄与するため、アイソトープ・放射線の利用促進や普及啓発、次世代の技術者の育成に関わる活動などを行っています。その活動の一部をご紹介します。ホームページにて公開していますので、ぜひお役立てください。



RI 製造・利用調査

2019年度に実施した国内外のRI製造・利用調査結果をもとに、利用者へ意識調査を実施し、その結果を公開しております。

最前線のアイソトープ・放射線研究紹介

—私が研究者になるまで—

30名を超える研究者に研究内容を紹介いただきました。研究者になるまでの経緯や学生へのメッセージも記載しております。

小動物用PET、SPECTによる

分子イメージング研究ガイド

分子イメージングの原理や特長に加え、研究フローや参考資料も掲載した初学者向けのガイドを公開しております。

(実例集編を追加予定)

放射性医薬品開発研究への招待

放射性医薬品の基礎から、放射性医薬品開発、イメージングや治療研究等を掲載したテキストを公開しております。

確かな分析力を礎に国民生活に貢献します

分析の質の保証 **世界トップクラス**

環境と安全に対する国民の認識が高まる現在、日本分析センターは、環境放射能・放射線に関する分析専門機関として、国民に信頼される環境放射能データの提供に努めています。

身の回りにある環境試料中の放射性核種の分析サービスを提供しています。ストロンチウム90、セシウム137をはじめ、トリチウム、炭素14、クリプトン85、ヨウ素129、放射性キセノン、トリウム、ウランなどの様々な放射性核種の分析に対応できます。

IAEAが主催する国際的な相互比較分析プログラムなどに参加して分析技術の客観的な評価を受けるとともに、国際標準化機構（ISO）の認証・認定の取得やJCSC校正事業者（区分：放射線・放射能・中性子）として登録しています。

確かな精度管理 **安全と信頼性**

日本分析センターは、分析結果の信頼性を確保するために、IAEAなどの国際機関が主催する環境放射能分析の国際相互比較分析のプロジェクトに参加しています。優れた成績を修めるほか、様々な認証・認定を取得しています。

一歩前へ **新技術開発への挑戦**

日本分析センターは、現在の分析技術に妥協せず、たゆまぬ努力による技術発展を目指し、新しい分析法の研究・開発を行っています。

放射能測定法シリーズの改訂作業を実施し、公的マニュアルの作成に貢献しています。環境放射能分析・測定分野のほか、スポーツサプリメント中のドーピング禁止物質の分析、安定同位体分析や原子炉の廃炉関連の難測定核種の迅速分析法の開発などを行っています。



公益財団法人 日本分析センター

〒263-0002 千葉県千葉市稲毛区山王町295番地3

電話：043-423-5325 FAX：043-423-5372

e-mail：koho@jcac.or.jp URL：http://www.jcac.or.jp



放射線分野における科学技術の進展に貢献しています



～ 主な業務 ～

- 放射線影響に関する知識の普及・啓発
- 放射線影響に関する研究活動への奨励助成、顕彰
 - 放射線影響に関する調査研究
 - ICRP調査・研究連絡会の運営
- 原子力施設及び除染等事業場で働く放射線業務従事者の被ばく線量の一元的な登録管理
 - RI施設で働く放射線業務従事者の被ばく線量の登録管理
 - 放射線管理手帳制度の運用管理
- 国の指定を受けた放射線管理記録等の保存業務（原子力、除染、RI等）
- 原子力施設等で働く放射線業務従事者を対象にした低線量長期被ばくによる健康影響の疫学調査

公益財団法人 放射線影響協会

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-9-16 丸石第2ビル5階

TEL 03-5295-1481 FAX 03-5295-1486 <https://www.rea.or.jp>

放射線従事者中央登録センター

TEL 03-5295-1786 FAX 03-5295-1486

放射線疫学調査センター

TEL 03-5295-1494 FAX 03-5295-1485

放射線利用事業の振興と
原子力の利用に係る知識及び技術の普及を振興するために

◆ 照射サービス事業

- ・ ガンマ線・電子線照射：材料の耐放射線性試験、材料改質など多様な照射ニーズに応えます

◆ 技術移転事業

- ・ 産業界の「中性子利用による材料評価」の多様なニーズに応えます

◆ 原子力研修事業

- ・ 第3種放射線取扱主任者講習
- ・ 放射線業務従事者のための教育訓練
- ・ 原子力・放射線に関する研修会の開催

一般財団法人 **放射線利用振興協会**

<http://www.rada.or.jp>

本部・東海事業所：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4 TEL 029(282)9533
高崎事業所：〒370-1207 群馬県高崎市綿貫町1233 TEL 027(346)1639

国内メーカーによる ワンストップ！ トータルソリューション！

TechnoAP



シンチレーション検出器
XC700



半導体検出器用
チャージアンプ
APG1603



入力8ch.
デジタルパルスプロセッサ
APU8108-14



LaBr₃(Ce)検出器
サーベイメータ
TS215



CdTe検出器
XCT101001



入力4ch. USB駆動
MCA
APG7400A



入力16ch.
デジタルシグナルプロセッサ
APU8016A



陽電子消滅寿命
ドップラー拡がり測定装置
DPALMS-LCA



シリコンドリフト検出器
XSDD50-01



出力2ch.
ランダムパルスジェネレータ
APU6001



入力8ch.
高計数スケーラ
APU2508

ハードウェア・ソフトウェア開発、ご相談お待ちしております。

放射線・放射能測定装置 設計・開発・販売

株式会社テクノエーピー

<https://www.techno-ap.com>

〒312-0012 茨城県ひたちなか市馬渡2976-15

電話 029-350-8011

メール info@techno-ap.com





アスベスト調査・分析は
東京パワーテクノロジーにお任せください
的確な分析を安心・迅速に提供します

東京電力
グループ

発電関連
インフラを
分析で支えて
30年
以上

高い
信頼性

環境計量証明等の
各種認定事業所

公的機関の
技術評価に参加し
分析技術を担保

連絡先 東京パワーテクノロジー株式会社
環境事業部 分析センター
TEL.043-295-8410

〒267-0056
千葉県千葉市緑区大野台 2-3-6

MAIL ishiwata@ml.tokyo-pt.co.jp

HP <https://www.tokyo-pt.co.jp>

動画(YouTube)で、
採取・分析方法を
紹介しています。

分析サービス編(試料採取方法)
https://www.youtube.com/watch?v=qFDc399_ZJ8

分析手順編(詳しい分析方法)
<https://www.youtube.com/watch?v=0GZLtJry7P0>



賛助会員はこのスペースに無料で広告を掲載することができます(年2回以上)

日本放射化学会 賛助会員募集

本会の学会活動にご参加頂ける賛助会員をご紹介下さい

連絡先: 一般社団法人 日本放射化学会事務局

問い合わせ専用URL: http://www.radiochem.org/community/toiawa_o.html



